



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

NÁVRH ŠTÍHLÉ VÝROBY A JEJÍ IMPLEMENTACE DO PODMÍNEK PROVOZU PŘI UPLATNĚNÍ DIGITALIZACE

DESIGN OF LEAN PRODUCTION AND ITS IMPLEMENTATION INTO THE CONDITIONS OF OPERATION
WHEN APPLYING DIGITIZATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Václav Šmíd

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav managementu
Student: **Václav Šmíd**
Studijní program: Ekonomika a management
Studijní obor: Ekonomika a procesní management
Vedoucí práce: **prof. Ing. Marie Jurová, CSc.**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

Návrh štíhlé výroby a její implementace do podmínek provozu při uplatnění digitalizace

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod

Popis podnikání ve výrobní organizaci se zaměřením na:

- výrobní portfolio
- výrobní základna

Cíle řešení

Vytipování teoretických přístupů k řešení

Analýza současného výrobního procesu ve vybraném provozu

Návrh štíhlé výroby vybraného provozu

Podmínky realizace a přínosy

Závěr

Použitá literatura

Příloha

Cíle, kterých má být dosaženo:

Zabezpečení podmínek pro realizaci štíhlého výrobního procesu ve vybraném provozu k realizaci jako přípravy a použití digitalizace.

Základní literární prameny:

BOSSIDY, L. a R. CHARAN. Řízení realizačních procesů: jak dosahovat očekávaných výsledků a plánovaných cílů. 1. vyd. Praha: Management Press, 2004. 219 s. ISBN 80-7261-118-6.

Jeffrey K. L. D. Meier The Toyota Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps. New York, 2006. 467 p. ISBN 0-07-144893-4.

JUROVÁ, M. a kol. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing, 2016. 256 s. ISBN 978-80-271-9330-1.

KOŠTURIÁK, J., Kaize: osvědčená praxe českých a slovenských podniků. Brno: Computer Press, 2010. 234 s. ISBN 978-80-251-2349-2.

KOTTER, R. S. Vedení procesů změny. Praha: Management Press, 2000. 192 s. ISBN 80-7261-0-4-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně dne 28.2.2019

L. S.

doc. Ing. Robert Zich, Ph.D.
ředitel

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na návrh štíhlé výroby a její implementaci za pomoci digitalizace v podniku Fatra, a.s. Napajedla. Dílčím cílem práce je analýza funkcí, výhod a významu systému MES ve společnosti. Nejprve bude představena společnost, její výrobní portfolio a organizační struktura. V analytické části práce dojde k charakteristice výrobního procesu a analýze současného stavu výroby ve vybraném úseku. Praktická část se zaměří na optimalizaci výroby za pomoci digitálních výstupů. Práce obsahuje návrh, který přispívá ke zvýšení efektivity v daném úseku výroby.

Abstract

The bachelor thesis is focused on design of lean production and its implementation by means of digitization in Fatra, a.s. Napajedla. The partial goal of the thesis is to analyze the functions, advantages and importance of the MES system in the company. First, the company, its production portfolio and organizational structure will be introduced. In the analytical part of the thesis, the production process and the current state of production in the selected section will be characterized. The practical part will focus on optimizing production using digital outputs. The thesis contains a proposal that contributes to increase of efficiency in the given production section.

Klíčová slova

štíhlá výroba, TPS – Toyota Production System, Kaizen, OEE, MES systémy, optimalizace, digitalizace

Key words:

lean production, TPS – Toyota Production System, Kaizen, OEE, MES systems, optimization, digitization

Bibliografická citace

ŠMÍD, Václav. *Návrh štihlé výroby a její implementace do podmínek provozu při uplatnění digitalizace* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116160>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Marie Jurová.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 12. května 2019

.....

podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucí své bakalářské práce prof. Ing. Marii Jurové, CSc. za cenné rady a připomínky, které mi poskytla během naší spolupráce při tvorbě bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Davidovi Matusincovi, procesnímu inženýrovi ve firmě Fatra, a.s. Napajedla, za spolupráci a vyčerpávající rady ohledně zadaného tématu. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu.

Obsah

ÚVOD.....	12
1 CÍLE PRÁCE, METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ	13
2 POPIS PODNIKÁNÍ VE VÝROBNÍ ORGANIZACI	14
2.1 Organizační struktura	16
2.1.1 Obchodní úsek	17
2.1.2 Výrobní úsek.....	17
2.1.3 Finanční úsek	18
2.1.4 Personální úsek	18
2.1.5 Technický úsek	19
2.1.6 Úsek logistiky	19
3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....	20
3.1 Štíhlá výroba	20
3.2 Toyota Production System (TPS).....	22
3.3 Metoda Kaizen	25
3.4 Základní principy Kaizen	27
3.5 OEE – Overall Equipment Effectiveness	28
3.6 Výpočet ukazatele OEE	29
3.6.1 Využití	29
3.6.2 Výkon.....	29
3.6.3 Kvalita.....	29
3.7 Teorie omezení.....	30
3.8 Digitalizace Dat.....	31
3.9 MES systémy – vznik a historie	32
3.10 Fungování systému MES.....	32
3.10.1 Operativní řízení výroby	33
3.10.2 Přidělování zdrojů a kapacit	33

3.10.3	Dispečerské řízení výrobních jednotek	33
3.10.4	Správa dokumentace	34
3.10.5	Sledování pohybu a genealogie produktu	34
3.10.6	Analýza výkonnosti	34
3.10.7	Správa lidských zdrojů.....	35
3.10.8	Řízení údržby	35
3.10.9	Ovládání výrobního procesu	35
3.10.10	Řízení kvality	35
3.10.11	Sběr a archivace dat	36
3.11	Využití systému MES	37
4	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	38
4.1	Schéma linky, rozmístění čidel	39
4.2	Výrobní proces	41
4.3	Příprava směsí	42
4.3.1	Příprava komponent do kuželové míchačky	42
4.3.2	Navážení sypkých surovin	42
4.3.3	Navážení dalších přísad - pigmenty, plniva, mazadla	43
4.3.4	Přesun směsi a vypouštění	43
4.4	Příprava kapalných komponent (změkčovadel)	43
4.4.1	Čerpání změkčovadel a stabilizátorů	44
4.4.2	Kontrola a ohřev změkčovadel	44
4.5	Příprava barevných polosměsí	45
4.5.1	Míchání v planetové míchačce	45
4.5.2	Zpracování na třecím tráválcí a dávkování batche.	45
4.6	Výroba fólie	45
4.6.1	Míchání ve fluidní míchačce.....	45
4.6.2	Želatinace KO-Hnětič	47

4.6.3	Válcování ve dvouválci	48
4.6.4	Válcování ve čtyřválci	49
4.6.5	Dezénování	50
4.6.6	Temperace, chlazení	50
4.6.7	Ořezávání krajů.....	51
4.6.8	Navíjení.....	51
4.7	Hlavní funkce a výhody MES ve společnosti	54
4.8	Výsledky analýzy	58
5	Vlastní návrhy řešení.....	60
5.1	Teoretické omezení rychlosti	61
5.2	Základní rozbor statistického souboru	62
5.3	Návrh změny provozních rychlostí na válcovací lince	63
5.3.1	Výrobek 110495	64
5.3.2	Výrobek 210649	65
5.3.3	Výrobek 110496	66
5.3.4	Výrobek 110245	67
5.3.5	Výrobek 210402	68
5.3.6	Výrobek 210086	69
5.4	Ověření zjištěných rychlostí.....	70
5.5	Shrnutí praktické části.....	72
6	Podmínky realizace a přínosy	73
6.1	Podmínky realizace	73
6.1.1	Standardizace	73
6.1.2	Zaškolení obsluhy	73
6.2	Přínosy.....	74
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	77
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	78

SEZNAM OBRÁZKŮ	82
SEZNAM GRAFŮ	84
SEZNAM ROVNIC	85

ÚVOD

V dnešní moderní době se podniky nacházejí ve velmi silném konkurenčním prostředí. Firmy si chtějí udržet suverenitu na trhu, generovat profit a zároveň držet krok s konkurencí a trendy 21. století. Zákazníci, ale i dodavatelé a jiné zainteresované strany kladou na firmy vysoké nároky. Kontinuální inovace a zlepšování se v dnešní době jeví jako nutnost. Do procesu zlepšování je nutné zapojit všechny zaměstnance, od manažerů, vedoucích oddělení až po zaměstnance u výrobních linek. Proces zlepšování nikdy nemůže být o jednotlivci nebo jednorázovém procesu, taková cesta nikam nevede. Klíčem k úspěchu je nikdy nekončící inovace a rozvoj. Zavádění nových technologií a postupů je pro firmy čím dál tím více aktuální.

Ke zlepšení a optimalizaci může firmám v dnešní době pomáhat spousta podpůrných prostředků. Jedním z těchto prostředků, sloužícím k zeštíhlení výroby a numerickému vyhodnocení úzkých míst, jsou systémy MES. Toto softwarové řešení představuje komplexní nástroj, který shromažďuje, třídí a vyhodnocuje data, které získává z čidel a vah ve výrobě. Na základě výstupů ze systému můžeme například porovnávat jednotlivé výrobní linky nebo sledovat klíčové ukazatele výkonosti. Tyto data pak můžeme dále vyhodnocovat a za pomoci nich přijímat rozhodnutí, které zeštíhlí výrobu a optimalizují podnikové procesy.

Bakalářská práce je zaměřena na návrh štíhlé výroby a její implementaci za pomoci digitalizace v podniku Fatra, a.s. Napajedla. Jedním z dílčích cílů práce je analýza funkcí, výhod a významu systému MES ve společnosti.

Nejprve bude potřeba analyzovat výrobní proces a rozhraní systému MES. Na základě analýzy výrobního procesu, technologických předpisů, výstupů z MES systému a sledování válcovací linky pak budou určena úzká místa, která budou poté dále vyhodnocena za pomoci digitálních výstupů. V návrhové části práce vypracuje autor návrh na zlepšení, který přispěje k zefektivnění výroby a zlepšení produktivity práce. V poslední kapitole práce dojde k navržení podmínek implementace a ke zhodnocení přínosů, které daný návrh na zlepšení může poskytnout.

1 CÍLE PRÁCE, METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Cíl bakalářské práce je zaměřen na štihlou výrobu, kde za pomoci analýzy digitálního výstupu z firemního MES software bude navrženo, jak nejlépe optimalizovat výrobní proces na válcovací lince pro výrobu podlahoviny. Jedním z dílčích cílů práce je také analýza a vyhodnocení funkcí, které nabízí firemní systém MES.

Nejprve dojde k popisu současného stavu společnosti, představení výrobního portfolia a představení organizační struktury. Základním předpokladem pro zvládnutí problematiky štihlé výroby a digitalizace je také seznámení se s odbornou literaturou v teoretické části.

Teoretická část má tyto následující dílčí cíle:

- Představení pojmu štihlá výroba,
- metoda Kaizen,
- TPS – Toyota Production System,
- teorie omezení,
- digitalizace dat a MES systémy.

V analytické části práce dojde k analýze jednotlivých výrobních procesů na vybrané lince. V úvodní části analýzy dojde k rozboru rozmístění čidel, schématickému rozkreslení linky a kontrolních stanovišť. Poté bude analyzován firemní MES software, jeho fungování a zjištění výhod zavedení tohoto software. Celá analytická část bude doplněna fotografiemi, které autor práce pořídil přímo ve výrobě. Cílem je vtypovat na základě výstupů z MES úzká místa, které poté budou detailně rozpracovány v návrhové části práce.

Zavedení následného prvku štihlé výroby do výrobního procesu povede ke zvýšení produktivity práce a zvýšení výkonnosti linky. Dále dojde k navržení podmínek implementace, které je potřeba splnit před samotným zavedením do výroby. Nakonec budou vyhodnoceny přínosy, které vyplývají z autorova návrhu na zeštíhlení výroby. V závěru práce dojde ke zhodnocení a finální sumarizaci celé práce, stejně tak jako východisek, kterých autor práce dospěl při studii firemního MES software a problematiky digitalizace dat

2 POPIS PODNIKÁNÍ VE VÝROBNÍ ORGANIZACI

Tato kapitola je zaměřena na představení výrobního podniku Fatra, a.s., popisu podnikání, představení výrobního portfolia firmy a organizační struktury. Údaje jsou čerpány z webových stránek společnosti, neprodejné knihy 80 let Fatra a interních firemních dokumentů.

Fatra, a.s. je **obchodně-výrobní** společnost, která se zabývá zpracováním plastů. V tomto segmentu se jedná o jednoho z klíčových hráčů. Tržby společnosti Fatra, a.s. dosáhly v roce 2018 částky přesahující 3,99 miliardy Kč. Přes 75% produkce mířilo v roce 2018 na zahraniční trhy. V současné době Fatra, a.s. exportuje do 52 zemí po celém světě (30).

Fatra, a.s. vykonává svoji činnost ve dvou závodech. Jedná se o výrobní závod v **Napajedlech** a v **Chropyni**. Závod v Napajedlech je výrazně větší. Jedná se také o původní závod, který založil v roce **1935** koncern Baťa. K začlenění závodu v Chropyni došlo v roce 2002. Do roku 2002 byl tento závod známý pod jménem TECHNOPLAST. Fatra zaměstnává v současné době na 1300 zaměstnanců. Výrobní závod Fatra, a.s. se nesmazatelně zapsal také do historie města Napajedla. Vzhledem k poloze u hlavního tahu I/ 50, ze Zlína na Uherské hradiště, se jedná o významnou dominantu Napajedel, která se prakticky nedá přehlédnout. Na obrázku níže je výrobní závod vykreslen v panoramatu města Napajedel, v blízkosti autobusového nádraží a Baťova kanálu (32).



Obrázek č. 1: Výrobní závod v panoramatu města Napajedla
(Zdroj: 30)

Fatra, a.s. je členem koncernu **AGROFERT**. Jedná se o nadnárodní koncern, který v současné době působí zejména v zemích střední Evropy. Pod AGROFERT spadá více než 250 subjektů, přičemž tyto subjekty zaměstnávají více než 34 tisíc zaměstnanců.

Hlavní činností společnosti Fatra, a.s. je výroba. Fatra, a.s. působí také v poradenství a vývojové činnosti.



Obrázek č. 2: Logo společnosti Fatra, a.s.
(Zdroj: 30)

Fatra, a.s. má rozsáhlý sortiment a značnou míru diverzifikace výrobků. **Výrobní sortiment společnosti je rozdělený na 10 segmentů:**

Tabulka č. 1: Výrobní sortiment
(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 36)

Podlahové krytiny	PVC podlahoviny pro domácnosti a komerční prostory např. Thermofix®, Imperio®
Hydroizolační fólie FATRAFOL®	Fólie vyráběné za pomoci moderních metod z termoplastických polyolefinů. Slouží k hydroizolaci plochých střech, jezírek apod.
Granulát	Polotovar určený k dalšímu průmyslovému zpracování.
Profily	Výrobky v podobě lišt, hran, těsnění apod. Uplatnění nachází ve stavebnictví a nábytkářském průmyslu.
Paropropustné fólie a lamináty	Fólie nejčastěji používané při výrobě dětských plen a dámské hygieny.
Fólie a desky z PE, PET, EVA	Využívané nejčastěji jako výstražné fólie, protiskluzové podložky apod.
Technické fólie a svařované výrobky	Výrobky z měkčeného PVC. Používá se v galanterii, automobilovém průmyslu a zdravotnictví.
Vstříkované výrobky	Vyrábějí se na lisech, kterými Fatra disponuje. Lze vyrobit různé výrobky dle dodané formy.
BO PET fólie a lamináty	Fólie s širokým spektrem využití, převážně kancelářské výrobky a elektroprůmysl.
Tvarované výrobky	Obaly, kelímky, potravinářské fólie z PVC vhodné pro další zpracování.

2.1 Organizační struktura

Princip organizační struktury

Ve společnosti Fatra, a. s. je využita funkcionální organizační struktura, ve které se pracovníci sdružují podle podobnosti úkolů, dovedností nebo aktivit (např. výroba, obchod, finance apod.). Tato struktura je založená na funkční specializaci dílčích jednotek (útvary). Podle rozhodovací pravomoci jsou útvary seskupeny do liniové struktury založené na principu jediného vedoucího a na přímé odpovědnosti a pravomoci (35).

Organizační jednotky a organizační útvary ve společnosti

Úsek – je nejvyšší organizační útvar společnosti. V čele úseku stojí ředitel úseku, který odpovídá za činnost celého svěřeného úseku. Rozsah odpovědnosti je vymezen podpisovým řádem, organizačním řádem a ostatními vnitřními předpisy společnosti.

Odbor – je nižší organizační stupeň společnosti, který umožňuje soustředit pracovní činnosti s vyšší specializací do samostatného útvaru. Odbor může sloužit také místním oddělení pracovních činností za účelem efektivnějšího řízení. V čele odboru stojí vedoucí odboru, který je podřízený řediteli úseku.

Oddělení – je organizační stupeň podřízený odboru nebo úseku, který umožňuje další členění pracovních činností nebo pracovníků. V čele oddělení stojí vedoucí oddělení podřízený vedoucímu odboru nebo řediteli úseku.

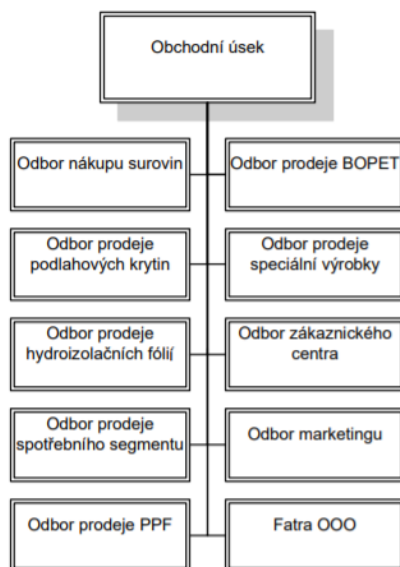
Směna – z pohledu organizace práce se jedná o nejnižší organizační stupeň v rámci organizace pracovních činností.

Organizace společnosti je rozdělena do následujících úseků:

- Obchodní úsek,
- výrobní úsek,
- finanční úsek,
- personální úsek,
- technický úsek,
- úsek logistiky,
- úsek energetiky (35).

2.1.1 Obchodní úsek

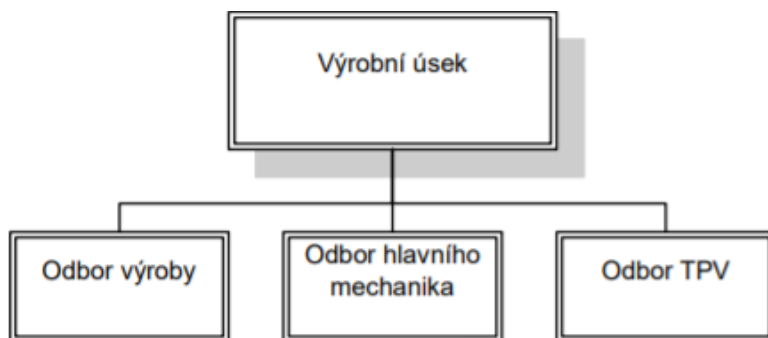
Hlavní působností obchodního úseku je řízení procesu nákupu surovin, prodejních činností a činností marketingu. Obchodní úsek vytváří a implementuje obchodní a marketingovou strategii ve společnosti. Mezi hlavní úkoly obchodního úseku patří rozvoj a expanze obchodních vztahů, péče a rozvoj o zákazníky a dodavatele, produktový rozvoj (35).



Obrázek č. 3: Obchodní úsek
(Zdroj: 35)

2.1.2 Výrobní úsek

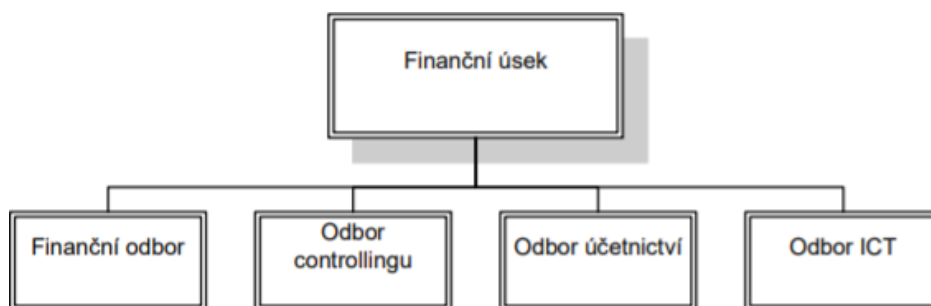
Hlavními úkoly výrobního úseku jsou řízení a plánování výrobní činnosti. Tyto úkoly probíhají ve spolupráci s odborovými útvary. Výrobní úsek má také zodpovědnost za efektivní chod výroby, hospodárné využití všech lidských a hmotných zdrojů, ochranu zdraví personálu a zohlednění enviromentálních faktorů. Výrobní úsek je pověřen vedením odboru výroby, odboru hlavního mechanika a odboru TPV (35).



Obrázek č. 4: Výrobní úsek
(Zdroj: 35)

2.1.3 Finanční úsek

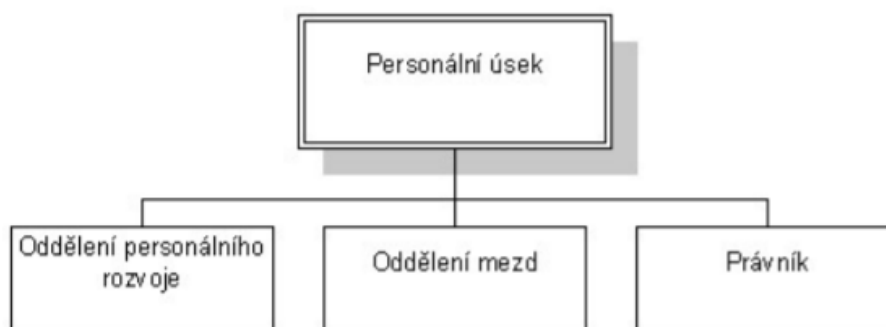
Hlavními úkoly finančního úseku jsou řízení ekonomických procesů a vytváření zdrojů rozvoje společnosti. Finanční úsek je zodpovědný za vedení účetnictví a odpovídá za plánování, analýzy a rozbor podnikatelských výsledků společnosti. Tyto výsledky jsou analyzovány za účelem tvorby operativních strategií společnosti. Současně také zabezpečuje informační a komunikační systém s počítačovou podporou ICT. (35).



Obrázek č. 5: Finanční úsek
(Zdroj: 35)

2.1.4 Personální úsek

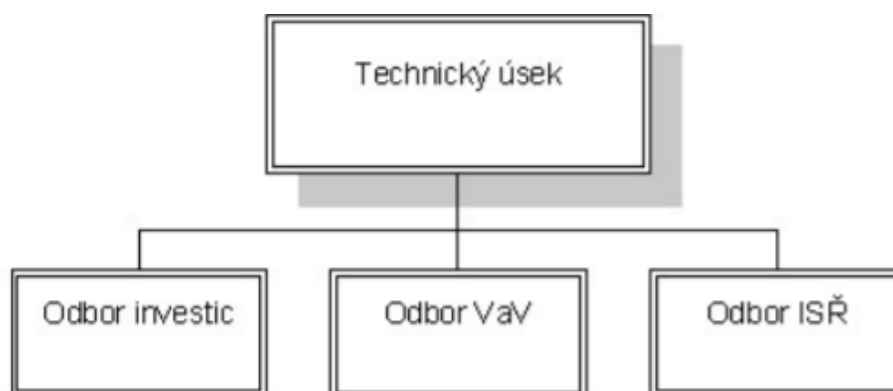
Hlavními úkoly a působnost personálního úseku v rámci společnosti je zajišťování odborné stránky personální práce ve společnosti. Personální úsek se stará o to, aby byla vytvořena rovnováha mezi počtem a strukturou pracovních míst a počtem a strukturou zaměstnanců. Úsek se stará také o rozvoj zaměstnanců, jejich výkonnosti, sociálních dovedností, prosazování efektivního stylu vedení a zdravých mezilidských vztahů. Personální úsek je pověřen vedením personální agendy a zpracováním mezd. Předkládá vedení společnosti plány, rozpočty a analýzy využívání pracovních sil. Jedním z úkolů je také zabezpečení komunikace s odborovými organizacemi a dalšími institucemi v regionu (35).



Obrázek č. 5: Personální úsek
(Zdroj: 35)

2.1.5 Technický úsek

Hlavním úkolem a působností technického úseku je realizace investičních akcí dle plánu investic, řízení výzkumných a vývojových aktivit dle plánu technického rozvoje společnosti a neustálé zlepšování integrovaného systému řízení, který má za cíl zvyšovat kvalitu výrobků a služeb za současného důrazu na ochranu životního prostředí a lidského zdraví (35).



Obrázek č. 6: Technický úsek
(Zdroj: 35)

2.1.6 Úsek logistiky

Hlavními úkoly a působností úseku logistiky jsou zajištění a rozvoj veškerých logistických procesů společnosti, zejména interní i externí doprava, manipulace s materiálem, expedice, skladování a likvidace odpadů. Úsek má zodpovědnost za efektivní správu majetku společnosti a za nákup režijních materiálů, náhradních dílů a služeb. Současně úsek zabezpečuje služby v oblasti požární ochrany (35).



Obrázek č. 7: Úsek logistiky
(Zdroj: 35)

3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

V kapitole teoretická východiska bude na základě odborné literatury zpracována problematika štihlé výroby, TPS, metodologie Kaizen, teorie omezení a MES systémů. Od historických počátků, až po současné trendy zahrnující digitalizaci a transformaci na průmysl 4.0. Pojem lean production neznamena pouze štíhlá výroba, ale také optimální, snaha o eliminaci plýtvání, zaměření na zákazníka a podobně (1).

3.1 Štíhlá výroba

„Lean is about constant ticking, not occasional kicking.”

- Alex Miller

Štíhlou výrobu můžeme rozumět jako soubor nástrojů a metod, který si klade za cíl dlouhodobě zlepšovat produktivitu práce a efektivitu výroby. Metody štíhlé výroby si kladou za cíl eliminaci plýtvání v dodavatelsko-odběratelském řetězci, standardizaci a flexibilní přístup k řešení vzniklých problémů (2).

Filosofie štíhlé výroba je v první řadě zaměřená na potřeby zákazníka. Pro metody štíhlé výroby je charakteristická snaha o synergické propojení jednotlivých metod štíhlé výroby, zapojení zaměstnanců na všech úrovních vnitropodnikové hierarchie a odstraňování veškerých ztrát a nákladů, které nepřidávají hodnotu pro zákazníka (3).

Kumulovaný efekt těchto metod v konečném důsledku zajišťuje stabilní rozvoj efektivitu výroby a hospodárnosti podniku. Všechny systémy mají po čase sklon ke snižování efektivitu. Pokud dokážeme vhodně využít nástroje štíhlé výroby, tento efekt přirozeného poklesu efektivitu v čase dokážeme eliminovat a přeměnit ve svůj prospěch. Jedním z největších problémů při zavádění štíhlé výroby je to, že mnozí manažeři podceňují navrhovaná opatření ze stran zaměstnanců. Často se jim zdají marginální či primitivní. Objektivním faktem však zůstává skutečnost, že právě využívání drobných zlepšení je cílem k úspěchu (4).

Podle autora článku je pro zavedení štihlé výroby zcela klíčové identifikovat druhy plýtvání a ztrát, které mohou snižovat efektivnost či hospodárnost podniku. Jako plýtvání a ztrátu bývá v principech štihlé výroby označováno všechno, co nepřidává hodnotu (4).

Podle tabulky níže můžeme v pojetí štihlé výroby rozlišovat **7 + 1 druhů plýtvání**:

Tabulka č. 2: 7+1 druhů plýtvání
(Zdroj: 8)

Druh plýtvání:	Typické příčiny, projevy a následky
Čekání	Čekání na materiál, výpadek stroje, čekání na kontrolu, čekání na nadcházející úkon
Vysoké zásoby	Chyba v plánování, špatná kvalita, nepřehlednost, špatná identifikace problémů
Zbytečná doprava a manipulace	Špatné rozložení závodu, špatná dispozice materiálu, mezisklady
Výroba chybných dílů	Dodatečné mzdy, náklady na materiál a energie, opotřebení, dodatečná kontrola
Nadvýroba	Špatné plánování, ekonomické ztráty
Nepotřebné procesy	Zbytečné operace, chybná konstrukce, chod strojů na prázdno
Zbytečné pohyby	Špatná organizace pracoviště, špatně organizované procesy
Nevyužitý lidský potenciál	Lidé jsou nejcennější a nejnákladnější zdroje, výše uvedené druhy plýtvání lidským potenciálem

3.2 Toyota Production System (TPS)

Toyota Production System pochází z Japonska, kde se začal vyvíjet na konci 50. let 20. století. Tento systém je stále vyvíjen a zdokonalován (7).

Koncepce TPS stojí na základech výrobních principů firmy Toyota. Za zakladatele a hlavního průkopníka těchto principů je považován tehdejší manažer Taiichi Ohno. Taiichi Ohno se k systému TPS vyslovil takto:

„Jediné, co děláme, je to, že sledujeme čas od okamžiku, kdy nám zákazník zadá objednávku, k bodu, v němž inkasujeme hotovost. A tento čas zkracujeme, když odstraňujeme ztráty, které nepřidávají hodnotu“ (5).

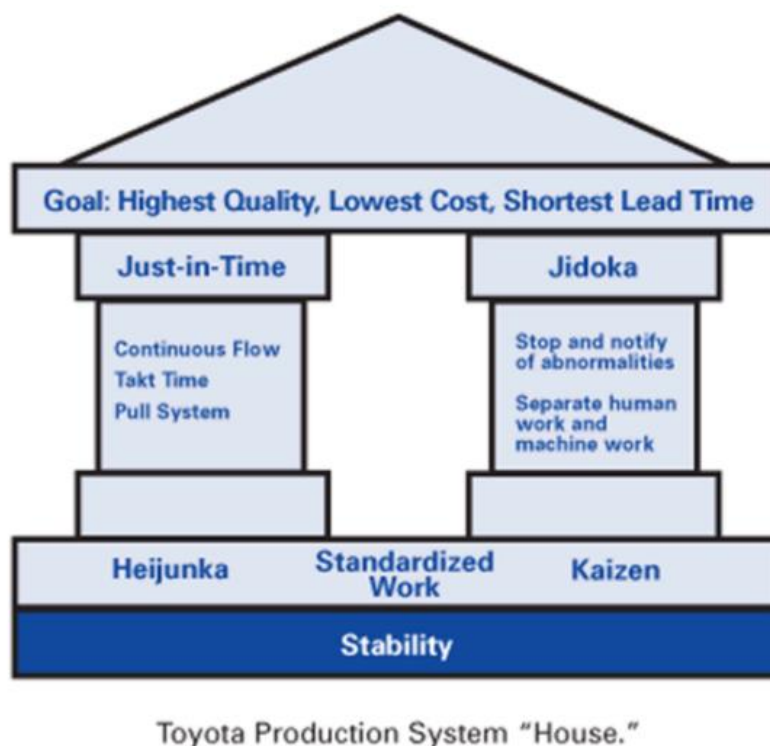
Taiichi Ohno

„Toyota Production System, neboli Výrobní systém společnosti Toyota je projekt, který je zcela stěžejní pro proces zeštíhlování. Systém závisí částečně na systému řízení lidských zdrojů, který by měl motivovat zaměstnance ke kreativitě a věrnosti společnosti a zároveň na vysoce efektivní síť dodavatelů a výrobců součástí (6).“

Principy TPS můžeme vhodně vystihnout **pěti základními parametry:**

- Eliminace všech podnikových činností, které nepřidávají žádnou hodnotu pro zákazníka,
- tok produktů podnikovým procesem musí být rychlý, snadný a musí existovat návaznosti na návazný na zbývající činnosti, které přidávají hodnotu
- zákazník je pro společnost zcela prioritní. Zákazníka musíme začlenit do podnikových procesů, protože se jedná o zcela klíčový prvek, kterému musíme vyhovět v maximální možné formě,
- podnikové procesy musí mít maximální možnost elasticky reagovat na transformující se okolnosti na trhu,
- je potřeba, aby v sobě firma měla zabudované postupy vzdělávání, které budou přispívat ke zvyšování kvality, produktivity a souhrnných znalostí pracovníků v naší společnosti (6).

Na základě těchto skutečností bylo vytvořeno jednoduché znázornění TPS. Autorem je Fujio Cho, který byl žákem Taiicho Ohna. Znázornění má podobu domu. Někdy tento princip můžeme najít pod názvem *lean temple* (chrám). Podoba již zmíněného domu (chrámu) není jen náhodná. Musí mít stabilní základy, nosné pilíře, ale i dobrou střechu. Pokud je některá část špatně vytvořená dochází k oslabení celého systému (5).



Obrázek č. 8: Toyota Production System House

(Zdroj: 9)

Cílem TPS je eliminovat negativní faktory výroby. Toyota definuje tyto negativní aspekty jako přetížení (**muri**), nekonzistence ve výrobě (**mura**) a plýtvání (**muda**) (6).

- **přetížení (muri)**: Je potřeba, aby byl systém plynulý. Jednotlivé prvky tohoto systému na sebe musí navazovat a přizpůsobit se požadavkům výroby. Pokud by se stalo, že jeden výrobní proces bude z hlediska objemu výroby přeceněn nebo podceněn, jedná se o velký problém,

- **nekonzistence ve výrobě (mura)**: nesoulad a nekonzistence v oblasti produkce bývá často velkým problémem. Tento nesoulad, který se ve výrobě objevuje, může způsobovat zbytečně velké zásoby, nadprodukci a další problémy,

- **plýtvání (muda):** filozofie TPS definuje plýtvání nejen jako plýtvání materiálem, ale plýtvání se všemi výrobními faktory. Velkou komplikací jsou zejména časové prostoje. O prostojích se zmiňuje TPS jako o tzv. mrtvém čase (6).

Základní principy, které uplatňuje TPS, se dají definovat zejména jako zkracování a redukce mezičasů, produkce v malých dávkách, zapojení zaměstnanců, kvalitu přímo od zdroje, systém tahu produkce a zapojení dodavatelů (6).

Zkracování a redukce mezičasů: mezičasy jsou neproduktivní fáze produkce. Mezičasy jsou také ztrátou, ze kterých neplyne žádná hodnota. Je nutné tyto prostoje eliminovat tak, aby docházelo ke zlepšování společnosti a veškerých logistických procesů (6).

Zapojení zaměstnanců: zaměstnanci firmy Toyota jsou řazeni do takzvaných pracovních týmů. Každý jeden zaměstnanec v rámci těchto týmů zodpovídá za dílčí úkol, který mu byl přidělen. Důležité je zmínit také to, že každý z vedoucích skupiny je vybírán ze zmíněné pracovní skupiny. To znamená, že si nejdříve musí projít některou z dělnických profesí (6).

Systém tahu produkce: koncepce Toyota Production System říká, že tahounem celého výrobního procesu je zákazník. Toyota si uvědomuje, že celý výrobní systém je tažen poptávkou a je potřeba pružně reagovat na potřeby zákazníka (6).

Produkce v malých dávkách: pokud podnik produkuje výrobky v menších dávkách, nabízí se mu možnost efektivněji řídit výrobu. Při velkých dávkách mohou vznikat dodatečné náklady, které často zvyšují náklady na skladování, náklady na dopravu a další. Malé dávky napomáhají udržovat plynulý výrobní tok a dochází také ke snižování nákladů (6).

Kvalita přímo u zdroje: jedním z hlavních metod koncepce je to, že kvalita je zcela zásadní faktor. Pokud některý ze zaměstnanců detekuje nějaký problém, celá výroba je zastavena až do té doby, dokud nedojde k odstranění závady. Zaměstnanec tak má možnost okamžitě a pružně reagovat na rizika spojená s poklesem kvality (6).

Zapojení dodavatelů: pro firmu Toyota je kvalita jejich dodavatelů naprosto klíčovým faktorem. Firma pravidelně kontroluje kvalitu dodávaných dílů, reviduje systém dodávek, balení a dalších parametrů (6).

Dochází také k aplikaci systému **JIT – Just in time**. Tento systém se snaží o maximální soulad dodávek s potřebou ve výrobě. S tímto souvisí skutečnost, že dodavatelé, zákazníci a distributoři jsou čím dál tím více ochotnější přijmout substituční výrobek, pokud nedokážeme uspokojit jejich potřebu v čas (10).

3.3 Metoda Kaizen

Kaizen je japonský manažerský systém neustálého zdokonalování. V překladu je chápán jako „změna k lepšímu“. Výraz Kaizen vznikl složením dvou slov: **KAI** – změna a **ZEN** – dobrý. Jedná se o filosofii, která zahrnuje velké množství metod, postupů a principů, které spadají do procesu neustálého zlepšování pomocí malých změn. Filosofie Kaizen klade velký důraz na kvalitu a zlepšování. Můžeme říci, že Kaizen je jakýmsi protikladem jiných moderních koncepcí, které se zabývají zvyšováním výkonosti podniku za pomoci prosazení radikálních změn (6).

Velmi výstižně popsal prostředí firmy, která se řídí metodou Kaizen, jeden dlouholetý zaměstnanec firmy Toyota. Jeho slova zněla následovně:

„Pokud řekneš manažerovi, že Toyota je skvělá firma a nejsou zde žádné problémy, manažer řekne, že žádný problém je také problém.“ (11)

To proto, protože pokud žádný problém neexistuje, nedochází k žádnému zlepšení. Tím pádem dochází ke stagnaci posunu a inovace. **Problémy jsou to, co posouvají společnost a její zaměstnance kupředu (11).**

V systému Kaizen má důležitou roli každý zaměstnanec. Vrcholoví manažeři chodí pravidelně do prostorů výrobní linky a snaží se od pracovníků získávat inspiraci a nové nápady. Úkolem všech zaměstnanců na všech pozicích je sledovat prostředí kolem sebe, vyhodnocovat jednotlivé výrobní procesy a přicházet s nápady, které mohou přispět ke zlepšení kvality, bezpečnosti, produktivity a dalších atributů jejich práce. Motivací pro zaměstnance je to, že kdo přinese zlepšovací návrh, který bude později zaveden do praxe, získá mimořádné finanční ohodnocení, dovolenou, věcný dar či podobně. Filosofie vychází z toho, že je přirozené, pokud zaměstnanci navrhnou změny na pracovištích, například pokud nejsou spokojeni se současnými podmínkami (6); (11).

Cílem každé organizace, která aplikuje principy Kaizen, by měla být týmová spolupráce, otevřená komunikace a dostatek informací, ke kterým má každý ze zaměstnanců volný přístup. Samotná implementace může být náročná tím, že rostou

požadavky na firemní kulturu a aktivní spoluúčast zaměstnanců. Klíčovým požadavkem na zaměstnance je to, aby dokázali používat rozum stejně dobře jako svaly a ruce (6).

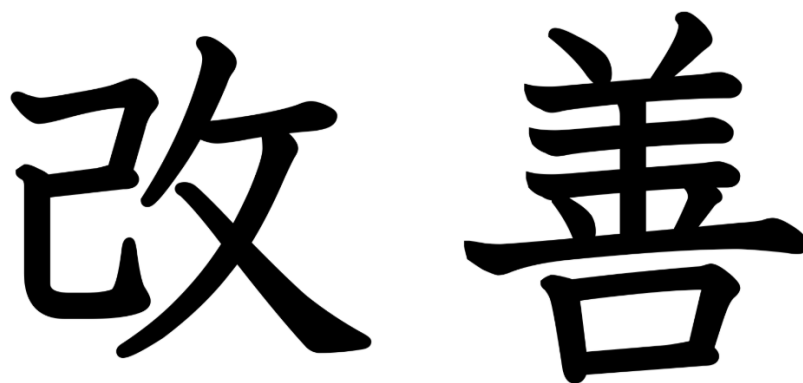
Autoři knihy (12) definují tři základní pilíře, na kterých stojí filosofie Kaizen.

Prvním pilířem označují autoři takzvaný osobní Kaizen. Jedná se o princip, kterým se snažíme zlepšovat sama sebe, vzdělávat se, vzdělávat lidi ve svém okolí a zejména měnit informace na znalost. Jako hlavní metody osobního rozvoje můžeme uvést sebeuvědomění, kritický pohled sama na sebe a úctu k lidem okolo sebe (12).

Druhým pilířem označujeme vytváření vzájemné spolupráce a důvěry. Otevřená komunikace a důvěra se jeví jako základní kámen pro rychlou adresaci vzniklých problémů a jejich následné řešení. Podle autorů je klíčem k dosažení optimální týmové spolupráce při vytváření firemní kultury, která vede k řešení problémů a konfliktů pomocí takzvaného konsenzu. Takové řešení se vyznačuje jako **win-win**. Důležitý je také týmový duch, učení se jeden od druhého a vzájemný respekt mezi zaměstnanci. Dlouhé schůze, prezentace a nepodstatné maily nemají ve společnosti žádné místo. Eliminací těchto zbytečností získáme více času pro konkrétní činnost (12).

Třetí pilíř se zabývá organizovaným řešením problémů na vnitropodnikové bázi. Samotný pilíř je rozdělen na tyto tři prvky:

- Zachycení problému a jeho okamžitá analýza,
- týmové vypracování zlepšovacích návrhů,
- systém tzv. Workshopů, kde dochází k řešení složitějších a komplexnějších problémů, které mají vliv na zvyšování výkonnosti firmy (12).



Obrázek č. 9 Japonské znaky KAI a ZEN
(Zdroj: 13)

3.4 Základní principy Kaizen

Kaizen se zaměřuje na vylepšení. Tyto vylepšení vyplývají zejména ze znalostí a zkušeností zaměstnanců ve výrobě, která jsou často vrcholnému managementu firmy cizí. Podle autorů je běžnou praxí v podnicích to, že až 99 % problémů ve výrobě management prakticky nezná. Přitom až 70 % zmíněných problémů se dá eliminovat bez utracení jediné koruny (12).

Začlenění zaměstnanců do procesu zlepšování dodává zaměstnancům pocit seberealizace, sounáležitosti a satisfakce z vlastní práce. Pomáhá také vývoji jejich nadání, talentu a hraje výraznou roli ve zdokonalování podnikové kultury (12).

Změny, které jsou vykonávány bez účasti dělníků a obsluhy výrobní linky, jsou často špatně přijímány. Autoři si kladou otázku, proč nenechávají manažeři firem přemýšlet raději vlastní zaměstnance, místo toho, aby peníze investovali do externích konzultantů (12).

Obvyklý způsob náhledu na výrobní systém, který nárokuje od zaměstnanců ve výrobě pouze kázeň, poslušnost a plnění direktivních nařízení, sice má za úkol zajistit stálost výrobního systému, ale nebere v potaz to nejdůležitější v výrobě, a to je lidský faktor. Pracovníci by neměli být ohodnoceni pouze za vykonávání příkazů a nařízení. Je potřeba od nich vyžadovat, aby sledovali procesy kolem sebe a snažili se odhalit plýtvání. Pokud zaměstnanec přijde na to, jak lze daná práce dělat lépe, je to úspěch pro celou společnost (12).

Kaizen není o shromažďování bodů za zdokonalovací návrhy. Jedná se o filosofii, která si klade za cíl nespokojenost s aktuálním stavem. Tato filosofie říká: „Zítřka musí být lépe než dnes –v naší práci, v naší rodině i v našem životě (12).“

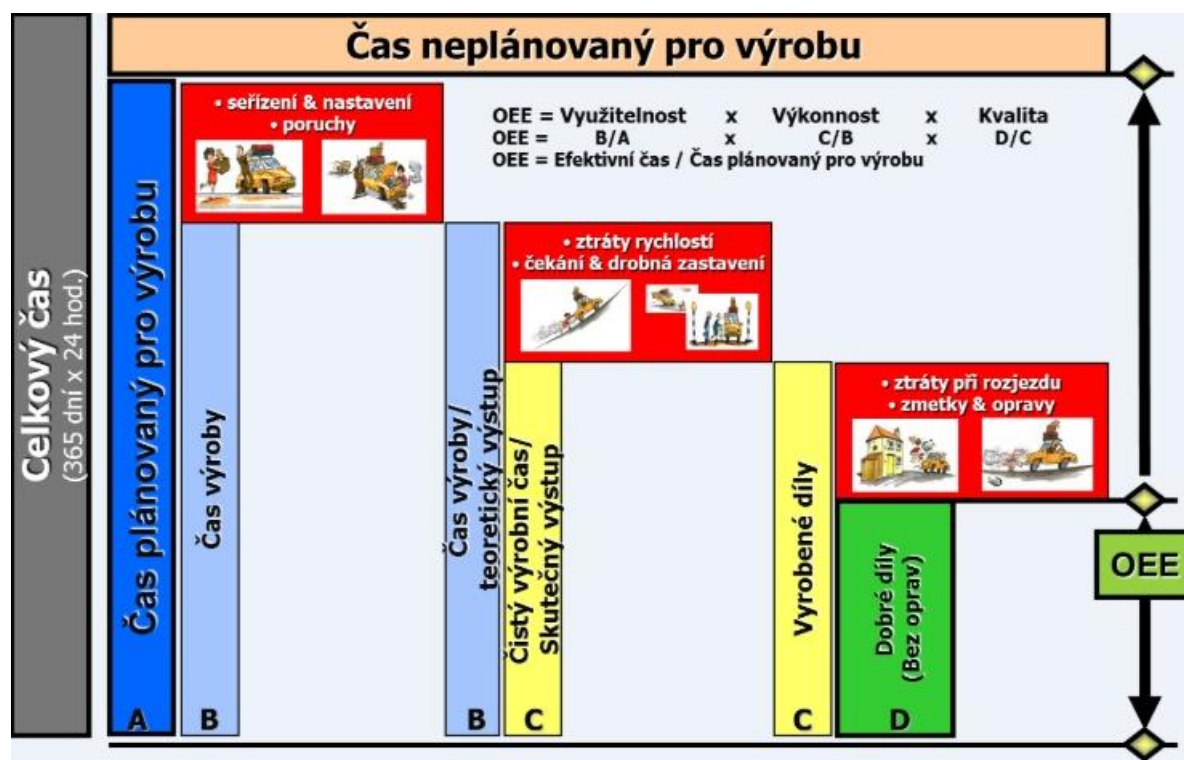
3.5 OEE – Overall Equipment Effectiveness

OEE je anglické označení, které se do českého jazyka překládá jako celková efektivnost zařízení (CEZ). Je to ukazatel, který se řadí mezi kvantitativní parametry. Tento ukazatel nám umožňuje sledovat efektivnost výrobních zařízení v reálném čase.

OEE zahrnuje více složek, mezi které patří kvalita, výkon, ale i produktivita při výrobě. Tyto jednotlivé složky ovlivňují celkovou efektivnost a dají se jednotlivě vyhodnotit.

OEE se dá také definovat jako produktivita práce, která je založena na produkci výrobků za nějaký čas (14).

Ukazatel OEE je zejména důležitý pro firmy, které se snaží o zeštíhlení výroby. Na základě těchto ukazatelů můžou firmy odhalit skryté kapacity strojů a výrobních zařízení. Mnoho společností v praxi využívá tento ukazatel pro zlepšení výkonu nebo kvality ve výrobě za účelem zvýšení provozního zisku (15).



Obrázek č. 10: OEE - Časová osa
(Zdroj: 16)

3.6 Výpočet ukazatele OEE

Základní myšlenka OEE spočívá v následujícím vztahu:

$$\text{OEE} = \text{Užitečný čas zařízení} / \text{Disponibilní čas zařízení}$$

Užitečný čas zařízení značí dobu, kdy zařízení vyrábí shodné výrobky a disponibilní čas zařízení značí dobu, kterou má zařízení k dispozici.

Mnohem častěji se ale můžeme setkat s následujícím vyjádřením vztahu pro výpočet, který používá tři ukazatele: (17)

$$\text{OEE} = \text{Dostupnost} \times \text{Výkon} \times \text{Kvalita}$$

3.6.1 Využití

Jedná se o poměr mezi výrobním časem a disponibilním časem. Výrobní čas je doba, kdy je výrobní zařízení v chodu. Disponibilní čas chodu zařízení je doba, která je očekávaná (17).

$$\text{Dostupnost} = \text{Skutečná doba běhu zařízení} / \text{Očekávaná doba běhu zařízení}$$

3.6.2 Výkon

Výkon je poměr mezi skutečným výstupem a plánovaným výstupem, který je nejčastěji zadaný denním plánem nebo normou (17).

$$\text{Výkon} = \text{Celkový počet vyrobených kusů} / \text{Plánovaný počet vyrobených kusů}$$

3.6.3 Kvalita

Kvalita je poměr mezi výstupem kvalitních výrobků a výstupem všech výrobků. Kvalita nám nejčastěji umožňuje sledovat počet vadných výrobků, které neodpovídají kvalitativním parametrům (17).

$$\text{Kvalita} = \text{Počet vyrobených kvalitních kusů} / \text{počet všech vyrobených kusů}$$

3.7 Teorie omezení

Teorie omezení (Theory of Constraints – TOC) je manažerská filosofie, jejíž základní myšlenky rozvinul a formuloval dr. Eliyahu M. Goldratt. Teorie omezení říká, že kterýkoliv proces musí probíhat tak, jak mu určují jeho omezení (18).

Základní myšlenkou Teorie omezení je to, že každý systém v sobě skrývá **minimálně jedno úzké místo**, takzvané omezení. Pokud by tomu tak nebylo, společnost by mohla dosahovat svých cílů v neomezené míře. TOC poskytuje metody, které pomáhají efektivně nalézt tyto úzká místa a využívat je ve svůj prospěch. Klíčové je podle Goldratta zaměření na nejslabší článek (18).

Teorie omezení je většinou orientovaná na jediný cíl, čímž je vydělávání peněz. Podle autorů článku je jedním ze základních principů to, že samotné nápady nejsou řešení, nevydělávají peníze a pokud se v systému nachází místo, které omezuje výkon procesu, je tím celý systém ztrátový (19).

Goldratt definoval pět základních kroků, kterých musí být dosaženo, chce-li podnik využívat metodiky Teorie omezení. Tyto kroky jsou:

- Identifikujte omezení systému,
- navyšte kapacitu a zjistěte, jak proměnit omezení ve svůj prospěch,
- zajistěte a sledujte všechny ostatní aktivity, které by mohly způsobovat problém,
- pokud nestačí rozšíření, které již bylo učiněno, investujte další kapitál,
- návrat k bodu jedna. Je totiž pravděpodobné, že v případě navýšení omezení začne celý systém omezovat jiné místo (20).

Teorie omezení jako taková říká podnikům to, že je potřeba si omezení definovat, kvantifikovat a přijmou řešení, které nám pomohou dané omezení překonat (18).

3.8 Digitalizace Dat

Digitální transformace podniků otevřela široké pole působnosti pro nástup podpůrného softwaru a digitalizace ve štihlé výrobě. Podniky v dnešní době získávají přístup k obrovskému množství informací, jak co do obsahu, rozsahu a rychlosti, tak i možností jejich analýzy.

Výhody, které přináší datová analytika, jsou natolik zásadní, že výrobní společnosti směřují své úsilí na jejich zavádění a optimalizaci procesu jejich začlenění do řízení výroby a vnitropodnikových procesů (21).

Mezi **nejčastější důvody implementace digitalizace** ve výrobních podnicích podle Bilíka patří:

- Snižování provozních nákladů,
- zkvalitnění služeb poskytované koncovým zákazníkům,
- vytváření simulací a prognóz,
- zdokonalení plánovacího procesu,
- snížení potřeby kancelářské práce (21).

Metody digitalizace se stávají velmi aktuální také v logistice a dodavatelském řetězci. Digitalizace v logistice umožňuje zvýšení kvality, výkonu a optimalizaci kapacit. Společnosti, které uplatňují digitalizaci ve skladech, se nejčastěji snaží o takzvaný přechod od „neřízeného skladu k řízenému“. Modernizace ve skladech a logistice řeší zejména problémy s nadbytkem skladových zásob, vysokého množství typů zboží a složitého přístupu k informacím (reklamace, trvanlivost, původ zboží) (22).

Velmi aktivně se téma digitalizace řeší zejména v kontextu přechodu na **Průmysl 4.0 (Smart industry)**. Společnosti dnes mají možnost implementovat softwarové řešení, které jsou ušity na míru přímo jejich potřebám. Takové softwarové řešení firmě poskytuje velmi účinné nástroje, které lze dále rozšiřovat a zlepšovat. V přechodu na digitální data jsou firmy motivovány také tím, že návratnost investic do těchto systémů se stává čím dál tím kratší. Důkazem toho je fakt, že firmy, které implementovali některé z principů digitalizace, se stále častěji snaží o zdokonalení a další rozšíření těchto metod a principů (22).

3.9 MES systémy – vznik a historie

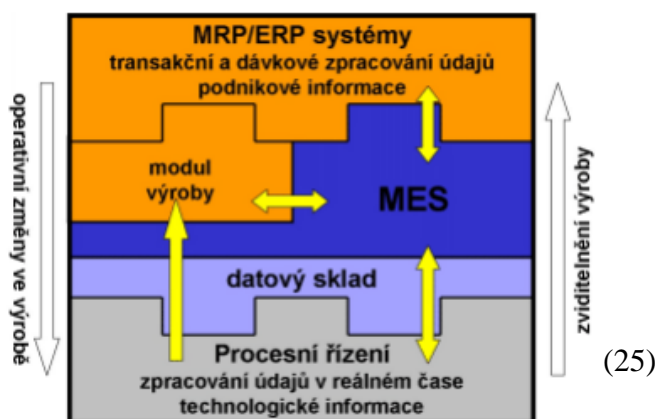
MES (Manufacturing Execution systém) v překladu do českého jazyka znamená výrobní informační systém. MES systém se využívá zejména ve výrobních podnicích, kde poskytuje důležitou vazbu mezi informačními systémy podniku a systémy automatizace.

Pojem MES systémy vznikl začátkem 80.let 20.století. V této době se začaly objevovat první systémy sběru dat z dané výroby. V 90.letech se pomalu tyto systémy zdokonalovaly a jejich vývoj pokročil dopředu. Rozšiřovala se zde především funkcionality systému a také jejich propojení s dalšími systémy (23).

O vývoj a výzkum se nejvíce zasadila organizace MESA (Manufacturing Enterprise Solutions Association). MESA je nezisková organizace, která působí celosvětově a sdružuje výrobní firmy, vývojáře software a hardware, analytiky, editory, akademiky a studenty. Cílem organizace MESA je pomoci jejím členům s implementací informačních systémů do podnikového prostředí (24).

3.10 Fungování systému MES

Fungování systému MES představuje široké spektrum určitých vlastností, které daný systém obsahuje. Tyto prvky jsou nejčastěji implementované podle standardů organizace MESA. Některé funkce se v realizovaném systému mohou překrývat, nebo tam nemusí být vůbec. Systémy MES jsou většinou dodávány na objednávku. Vzhledem k tomu, že potřeby každého individuálního zákazníka se liší, mohou být jednotlivé softwarové řešení značně odlišné (25).



Obrázek č. 11: Schéma MES
(Zdroj: 25)

Podle studie asociace MESA poskytují systémové řešení MES tyto **hlavní výhody**:

- Zlepšení jakosti výrobků,
- zdokonalení plánovacích procesů,
- zlepšení zákaznického servisu,
- snížení rozpracovanosti,
- eliminace doby zpracování vstupních dat,
- eliminace papírování (25).

MESA rozděluje fungování systémů MES do 11 funkčních oblastí.

3.10.1 Operativní řízení výroby

Při vizualizaci stavů dané technologie slouží k tomu, aby obsluha stroje věděla, jaký je provozní stav stroje (zařízení). Dále sem patří informace o provozních podmínkách ve výrobě a dalších parametrech, které ovlivňují kvalitu, evidenci odstávek, poruch a dalších. Operátor systému MES může v reálném čase sledovat, kde probíhá seřizování, oprava a jiné (25).

Toto všechno usnadňuje tvorbu krátkodobých rozvrhů výroby, při které by mělo docházet k minimální spotřebě energie. Vzhledem k tomu, že systém MES vnímá veškeré výrobní operace (alternativní, paralelní, překrývající se) v reálném čase, může operátor s velkou přesností stanovit trvání veškerých výrobních procesů (27).

3.10.2 Přidělování zdrojů a kapacit

Tato funkce je důležitá při zahájení výroby. Dbá na to, aby byly k dispozici všechny potřebné výrobní zdroje před zahájením výroby. Těmito zdroji mohou být stroje, materiál, ale i pracovní síly. Systém bere v potaz aktuální stav těchto zdrojů, ale i případnou budoucí rezervaci na jiný výrobní úkon (25).

3.10.3 Dispečerské řízení výrobních jednotek

Výrobní jednotky jsou přidělovány dle daných rozvrhů výroby, ale i pracovních příkazů, které zajišťují dostatečné množství surovin a energie. Systém obsahuje také platné výrobní postupy, podle kterých postupují operátoři na lince při jednotlivých pracovních úkonech. Modul umožňuje operátorům sledovat aktuální i celkové zatížení dílny, včetně operací a úkonů, které jsou v plánu (25).

3.10.4 Správa dokumentace

Funkce správy dokumentace do značné míry eliminuje data v papírové podobě. Papírové data jsou často nepřesná, neúplná nebo zcela chybí (vlivem lidského faktoru) (26).

Uživatel systému má okamžitě přístup k pracovním schémátům, harmonogramům, pracovním příkazům a protokolech o změnách. Funkce zasílá obsluze strojů instrukce a receptury pro řídicí systémy. Instrukce se mohou týkat také dodržování předpisů v oblasti bezpečnosti práce, životního prostředí, případně mohou mít vazbu na normy ISO (25).

3.10.5 Sledování pohybu a genealogie produktu

Funkce sledování pohybu a genealogie produktu je vymezena jako soubor činností, které umožňují sledování a shromažďování údajů o osobách, strojích a výrobcích. Tato funkce směřuje a řídí veškerý materiál a rozpracované výrobky (25).

Systém shromažďuje podrobné informace pro všechny výrobky v průběhu celého výrobního procesu. Jedná se například o identifikační číslo, umístění, množství, fázi rozpracovanosti a informace o dodavateli (26).

Na tomto místě je potřeba zmínit, že význam systémů MES ve sledování výrobků a zásob je jednou z obrovských výhod celého systému.

3.10.6 Analýza výkonnosti

Tato funkce má na starost sledování a počítání výrobních ukazatelů, porovnávání výsledků, které jsou vždy aktuální. Jednou z funkcionalit je také možnost predikce ekonomických výstupů (na základě historických údajů) (25).

Analýzy KPI najdou své uplatnění zejména ve výrobních podnicích. Podniky podle těchto ukazatelů vyhodnocují svou prosperitu, případně jsou použity k vyhodnocování jednotlivých oddělení a úseků. Jedním z významných ukazatelů, které sledují a vyhodnocují systémy MES, je například ukazatel OEE (28).

3.10.7 Správa lidských zdrojů

Modul správy lidských zdrojů v systému MES zajišťuje zejména vedení záznamů o personálu. Systém o zaměstnancích zaznamenává jejich vzdělání, dovednosti, znalosti, certifikáty a další.

Na základě zaznamenaných údajů (certifikace, znalosti) dokáže systém přidělovat vhodné zaměstnance na plánované pracovní úkony (25).

Tento modul se stará také o správu docházky a zaznamenávání pracovního času. Systém dokáže tyto informace připravit například pro potřeby mzdového oddělení (26).

3.10.8 Řízení údržby

Oblast řízení údržby má za úkol sledovat a řídit aktivity údržby a oprav. Cílem tohoto modulu je sledovat výrobní zařízení a řídit preventivní údržbu a opravy, aby nedocházelo k poruchám na zařízení a neplánovaným odstávkám. Řízení údržby může výraznou mírou přispět k finální kvalitě výrobku a dodržování termínů zakázek (25).

3.10.9 Ovládání výrobního procesu

Funkce ovládání výrobního procesu zabezpečuje výrobu za pomoci tzv. operátorských funkcí (25).

Mezi tyto metody patří například provozní a vývojové diagramy, histogramy četnosti a podobně (26).

3.10.10 Řízení kvality

Funkce řízení kvality má za úkol zajistit v reálném čase analýzu dat, která jsou snímána z výrobních strojů za pomoci čidel a senzorů. Systém dokáže včas zjistit a vyhodnotit případné nežádoucí odchylky, které se při provozu na výrobní lince mohou vyskytnout (25).

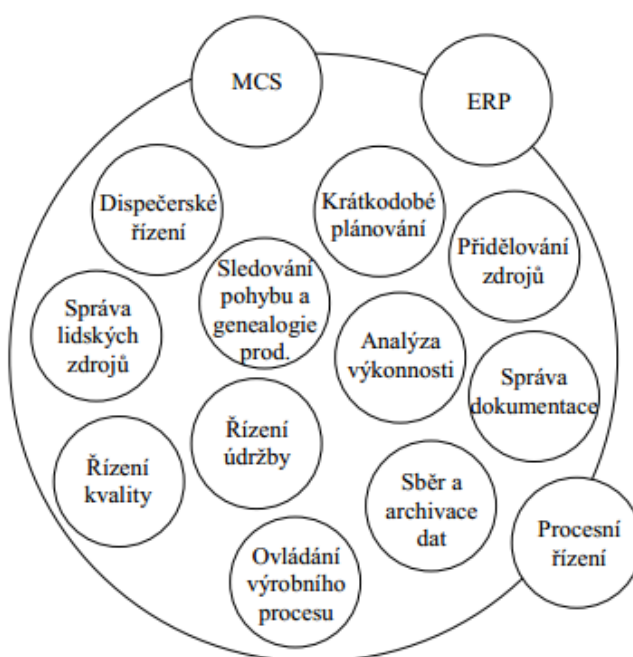
Tato analýza je uskutečněná za pomoci statistických metod, které dokáží v reálném čase vyhledávat distinkce mezi předepsanými a ideálními atributy jednotlivých výrobních procesů. (27)

3.10.11 Sběr a archivace dat

Sběr dat patří mezi základní a nejdůležitější funkce MES systémů. Data jsou sbírána v reálném čase a nepřetržitě. Data jsou dlouhodobě archivována v takzvaných datových skladech. Zde dochází ke třídění a ukládání dat. Dlouhodobá archivace zajistí to, že data mohou být použity kdykoliv v budoucnu. Toto je výhodné zejména pro tvorbu predikcí, výrobních analýz, operativní inventury, ale i vyhodnocování různých dat za delší časové období (25).

Data se snímají z vyrobených produktů většinou pomocí skenování čárových kódů, buďto ručně nebo automaticky, ale vždy nepřetržitě. Archivují se také veškerá data ze snímačů a čidel na výrobních linkách.

Pokud funguje výroba, dochází k neustálé výměně informací mezi jednotlivými systémy. Všechny zmíněné funkce jsou ve výrobě velice důležité (26).



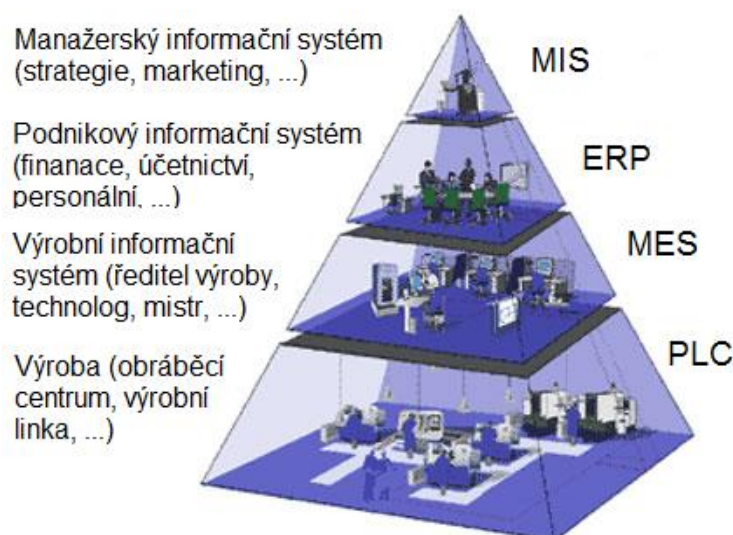
Obrázek č. 12 Moduly MES
(Zdroj: 25)

3.11 Využití systému MES

V dnešní době dochází k využívání MES systémů čím dál tím častěji. Zejména výrobní podniky spatřují v MES systémech výhody, která přináší velký technologický náskok oproti konkurenci. Ze zavedení takového systému mohou profitovat všichni zaměstnanci. Je jedno, zda se jedná o zaměstnance ve výrobě, technology, či zaměstnance top managementu (29).

Systémy jsou velmi přínosné v kontextu hlídání jakosti výrobků, což je velice důležité z hlediska stále zvyšujících se nároků na kvalitu ze strany zákazníka. MES systémy dokážou vyhodnotit sníženou kvalitu vstupního materiálu, výroby, ale i rychlosti výrobního zařízení, jeho prostoje, spolehlivost a dalších ukazatelů. Nejčastěji se o implementaci těchto systémů snaží firmy z automobilového, chemického, strojírenského, ale i elektrotechnického průmyslu.

Uplatnění systémů MES je v dnešní době velmi žhavé téma. Slova jako digitalizace, automatizace, robotizace, průmysl 4.0 a další jsou v podnikovém prostředí skloňovány čím dál tím častěji. Propojení a funkce, které nabízí tyto systémy, jsou velmi silným argumentem pro jejich zavedení. Je pravděpodobné, že firmy, které se nepřizpůsobí těmto novým trendům, zůstanou pozadu a nebudou mít schopnost se rovnat s konkurencí, která využívá výhody těchto systémů.



Obrázek č. 13: Podniková pyramida
(Zdroj: 28)

4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Kapitola analýzy současného stavu poskytne detailní pohled do výrobního procesu na válcovací lince. Na úvod této části bude provedena analýza kontrolních čidel a vah. Tato část je důležitá zejména proto, protože čidla a váhy jsou jedním z klíčových prvků MES systému a celkové digitalizace v podniku. Bez těchto snímačů by nebylo možné monitorovat výrobu a získávat cenná data. Poté bude rozebrán proces výroby podlahoviny na válcovací lince. Každý z těchto kroků bude detailně popsán a zasazen do kontextu celého výrobního procesu. Tato část bude vhodně doplněna o fotografie přímo z výroby. Neméně podstatné je také schématické znázornění stanovišť kontroly kvality, kde dochází v pravidelných intervalech k určeným pracovním úkonům.

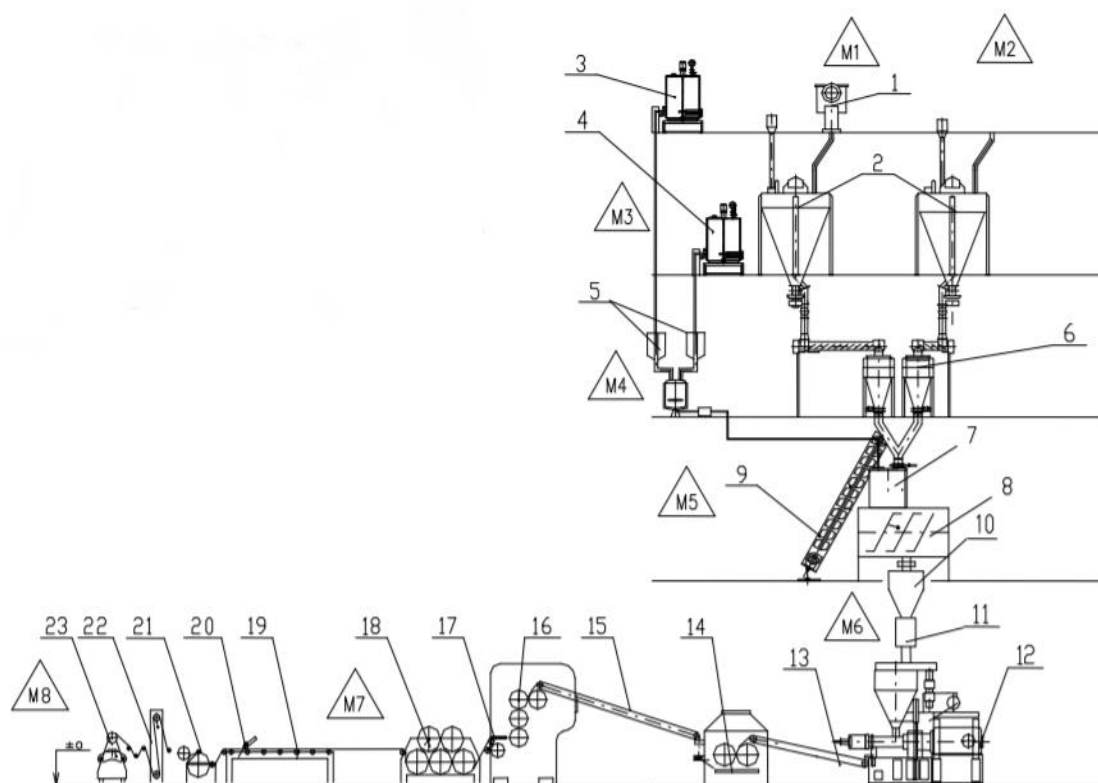
Jedním z cílů celé práce je rozbor zavedeného systému MES. V analytické části práce dojde k zjištění jeho funkce, výhody a fungování v praxi. Na konci kapitoly dojde k vyhodnocení přínosů systému MES a zjištěných problémů. Hlavním cílem analýzy je vytvoření podkladů, které poskytnou základ pro vypracování praktické části, kde bude vypracován návrh pro zlepšení efektivity výroby.

4.1 Schéma linky, rozmístění čidel

Klíčovým prvkem pro fungování digitalizace a MES systémů ve výrobě je rozmístění čidel. Tyto čidla poskytují v reálném čase operátorům linky, průmyslovým inženýrům i managementu společnosti data a informace o daném provozu. Tabulka níže analyzuje rozmístění čidel na válcovací lince. Oblasti M_x jsou zakresleny v grafickém výkresu výrobní linky.

Tabulka č. 3: Rozmístění čidel a vah
(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 33)

Umístění	Druh měřidla	Umístění
M1	Váha bunkrová 2.000 kg – 3 ks	IV. patro – kolejiště
M2	Váha sklonná 50 kg	IV. patro
	Váha sklonná 50 kg	IV. patro – příprava práškových pigmentů
	Váha obchodní	IV. patro – příprava práškových pigmentů
	Váha sklonná 100 kg	IV. patro
	Digitální tenzometrická váha 150kg	IV. patro – příprava kapalných stabilizátorů
	Váha sklonná 50kg	IV. patro – příprava kapalných stabilizátorů
M3	Teploměr	III. patro – nádrže změkčovadel
	Průtokoměr změkčovadel	III. patro – severní strana
M4	Dávkovací váhy	II. patro – nad linkou
M5	Teploměry na FM	I. patro – fluidní míchačka
	Digitální váha 15 kg	I. patro – fluidní míchačka
M6	Teploměry na zónách KO-hnětiče	Přízemí – KO-hnětič
	Otáčkoměr	Přízemí – KO-hnětič
M7	Registrační teploměry	Přízemí – řídicí panel vytápění válců
M8	Dotykový tloušťkoměr	Přízemí – u předáku linky
	Měřidla délek	Přízemí – navíječka linky



Obrázek č. 14: Schéma výrobní linky
(Zdroj: 33)

Tabulka č. 4: Čidla a váhy na válcovací lince
(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 33)

1. Bunkrová váha	13. Dopravník k dvouválci
2. Kuželové míchačky	14. Dvouválcový kalandr
3. Zásobníky kapalných surovin	15. Rozsévací dopravník
4. Zásobníky změkčovadel	16. Čtyřválcový kalandr
5. Váhy kapalin + směšovací zásobník	17. Dezénovací zařízení
6. Váhy práškových surovin	18. Pětiválcová chladnička
7. Horký stupeň FM	19. Válečková dráha
8. Studený stupeň FM	20. Ořezávání okrajů
9. Korečkový dopravník batche	21. Navíječka - ocelový válec
10. Předzásobník	22. Kompenzátor
11. Zásobník kovu	23. Navíječka
12. KO-hnětič	

4.2 Výrobní proces

Výrobní proces je rozdělena do následujících částí:

- Příprava směsí
- Příprava kapalných komponent
- Příprava barevných polo směsí
- Výroba fólie



Obrázek č. 15: Regál s hotovými výrobky
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Následující část, analyzující výrobní proces na válcovací lince, bude vypracována za pomoci interních dokumentů, sledování výrobní linky v provozu a informací, které byly poskytnuty procesními inženýry a technology.

4.3 Příprava směsí

4.3.1 Příprava komponent do kuželové míchačky

Válcovací linka má dvě kuželové míchačky. V první části musí být kuželová míchačka a míchadlo v chodu, ještě před započítáním přípravy směsi. Poté dochází k uzavření vpusti i násypky do kuželové míchačky kovovým roštem. Je důležité, aby v okolí vpusti, násypky a napouštěcího otvoru byla udržována čistota. V případě proniknutí nečistot by mohlo dojít k znehodnocení směsi. Pokud je v kuželové míchačce více než jedna komponenta, je doba míchání po naplnění minimálně 15 minut (33).



Obrázek č. 16: Kuželová míchačka
(Zdroj: Vlastní zpracování)

4.3.2 Navážení sypkých surovin

Na základě receptury dochází k navážení sil do bunkrové váhy. Navážený materiál je práškové PVC a plnivo (mikromletý vápenec). Důležité je to, že materiál se nesmí ve váze nechat příliš dlouho. Pokud by došlo k ponechání materiálu ve váze po delší dobu, mohlo by dojít k usazeninám. Tyto usazeniny by poté mohly dělat potíže při samotném vyprazdňování váhy (33).

4.3.3 Navážení dalších přísad - pigmenty, plniva, mazadla

Ve skladu kapalných surovin dojde k přípravě a navážení potřebného množství kapalných stabilizátorů a dalších kapalných surovin do pojízdných nádob. Tyto nádoby jsou specifické tím, že mají speciální výpustní kohout na dně nádoby (33).

4.3.4 Přesun směsi a vypouštění

V této fázi dochází k přesunu bunkrové váhy nad otvor patřičné míchačky, která je opatřena kokovým sítem. Poté dochází k přípravě nachystaných sypkých komponent. Nádobu s kapalnými surovinami se dopraví nad napouštěcí otvor.

Po dokončení této fáze se zahájí vypouštění PVC z bunkrové váhy. Jakmile dojde k vypuštění cca. 50% obsahu bunkrové váhy, vypouštění se přeruší. Do otvoru kuželové míchačky se poté nadávkuje kapalně a sypké komponenty. Po přidání kapalných a sypkých komponent dojde k dokončení vypouštění obsahu bunkrové váhy (33).

4.4 Příprava kapalných komponent (změkčovadel)

Množství připravované směsi v této fázi odpovídá množství, které je potřebné k výrobě dané položky. Důležité je, aby nedošlo k překročení kapacity zásobníku, která je 2000 litrů. V zásobníku dochází k vyhřátí kapaliny na teplotu 60 až 80°C (33).



Obrázek č. 17: Zásobník kapalných surovin
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Povinností obsluhy přípravy směsi je zjistit, které kapalné komponenty a v jakém množství je potřeba připravit pro zajištění výroby. Ještě před samotným zahájením přípravy kapalných komponent je potřeba zkontrolovat příslušné nádrže. Důležité je to, aby došlo k zjištění druhu a množství kapalných komponent, které jsou již napuštěné. V další fázi obsluha zajistí doplnění potřebného množství, které udává receptura. Pokud se stane to, že je ve směsi více kapalných komponent a je nutné je smíchat do jedné nádrže, musí obsluha provést doplnění těchto komponent tak, aby došlo k dodržení poměru daného recepturou. V případě, že nádrž obsahuje směs kapalných komponent, která vzhledem ke svému složení nevyhovuje receptuře, je potřeba tuto směs vypustit do prostor čistého plastového kontejneru. Poté dochází k označení tohoto kontejneru průvodkou směsi. Tuto průvodku má za úkol připravit technolog TPV. V TPV je uveden také způsob následného použití této směsi (33).

4.4.1 Čerpání změkčovadel a stabilizátorů

V procesu čerpání změkčovadel dochází k čerpání změkčovadel a stabilizátorů z centrálního skladu surovin do budovy 24. Čerpání změkčovadel je prováděno skrze samostatné páteřní rozvody, které vedou přes celou budovu. S ohledem na jednotlivé druhy technologií jsou z páteřních rozvodů větve, které jsou uzavřeny elektromagnetickým ventilem. Úkolem obsluhy je zvolit na ovládacím panelu linku a změkčovadlo, které je potřeba napustit pro danou výrobu. Dochází k otevření zvolené větve a poté je možné zahájit čerpání z centrálního skladu. Obsluha je o napuštěném množství informována pomocí číselného údaje, který je uveden na průtokoměru. Poté dochází k přepouštění bezftalátových změkčovadel do nádrží, které jsou vyhrazeny pro jednotlivé výrobní linky (33).

4.4.2 Kontrola a ohřev změkčovadel

Po ukončení dávkování všech změkčovadel dochází ke kontrole, zda je v chodu míchadlo v nádrží a zda je přístup páry pro ohřev nádrže otevřen. Vyhřev je nastaven tak, aby změkčovadla byla vyhřátá na teplotu 60 – 80 C (33).

4.5 Příprava barevných polosměsí

Před samotným procesem míchání se připraví suroviny dle dané receptury. Příprava těchto barevných polosměsí probíhá ve stejné budově, ve které je umístěna válcovací linka. Jedná se ale o oddělení, které tyto komponenty zajišťuje pro všechny výrobní linky v celém areálu společnosti (33).

4.5.1 Míchání v planetové míchačce

Proces míchání se provádí v planetové míchačce. Úkolem obsluhy je uvést stroj do chodu a připravit směs. Poté je do prostoru míchací nádoby napuštěna zhruba polovina změkčovaadel spolu s ostatními komponenty. Směs se částečně promíchá, poté se dolije zbytek změkčovaadel dle receptury. Jakmile dojde k dokonalému promíchání a propracování barevné polosměsi, je směs přepravena za pomoci vozíku s plošinou k prostorům tráválce (33).

4.5.2 Zpracování na třecím tráválci a dávkování batche.

K homogenizaci barevné polosměsi dochází na třecím tráválci. Ještě před tím, než započne samotné zpracování barevné polosměsi, je potřeba stroj připravit. Dochází k nastavení štěrbin mezi válci třecího válce a seřízení stěracího nože. Před zapnutím stroje se nadávkuje do prostoru zásobovací nálevky menší množství polosměsi. Jakmile se směs přepasíruje, následuje kontrola kvality a jemnosti. Tento proces se provádí minimálně dvakrát (vzhledem k výsledné jemnosti). Poté je nádoba se schválenou přepasírovanou polosměsí označena průvodkou (33).

4.6 Výroba fólie

4.6.1 Míchání ve fluidní míchačce

Receptury pro výrobky, které jsou vyráběny na válcovací lince, jsou uloženy v počítači pro řízení a vizualizace míchacího uzlu. Tato receptura se skládá ze dvou částí.

První část receptury obsahuje logické sledy kroků pro míchání ve fluidní míchačce. Ve druhé části receptury jsou obsažena data potřebná k navažování kapalných i sypkých komponent. Obsahuje-li směs barevnou polosměs, dochází v druhé části receptury k uvedení počtu vozíčků kolečkového dopravníku. Tyto vozíčky budou poté nadávkovány do fluidní míchačky.

Úkolem obsluhy je výběr receptury, která je potřebná pro další výrobu. Pokyny v této fázi zadává technolog. Určitá receptura je aktivní pouze při odeslání do stroje.

K aktivaci zmíněné receptury může dojít pouze tehdy, je-li každá z vah prázdná a je-li fluidní míchačka v klidném stavu. Za předpokladu, že některá z podmínek není splněna, spouštěč pro odeslání receptury do stroje zůstává neaktivní.

Poté dochází k otevření prostoru kuželové míchačky. Automatická váha naváží určené množství sypkých směsí dle zadané receptury. K navážení kapalných surovin dochází dle nastaveného množství za pomoci automatických vah. Jakmile dojde k navážení kapalných surovin, jsou tyto suroviny přepuštěny do směšovací nádrže, z níž je daná směs připravena k nadávkování do horkého stupně v prostorách fluidní míchačky.



Obrázek č. 18: Váha
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Dávka z kuželové míchačky se vypustí do horkého stupně fluidní míchačky. Jakmile je správně nastavená teplota, dochází k nadávkování naváženého množství kapalných surovin. Pokud se jedná o výrobu, kde je v receptuře zařazená barevná polosměs, dojde po dosažení optimální teploty míchání v horkém stupni fluidní míchačky k nadávkování nastaveného množství vozíčků korečkového dopravníku s barevnou polosměsí.

Úkolem obsluhy je ruční navážení polosměsi. Proces míchání v horkém stupni fluidní míchačky je ukončen, jakmile teplota dosáhne nastavené hodnoty. Aglomerát se automaticky přepustí do studeného stupně fluidní míchačky. Dochází k vychlazení na nastavenou teplotu. Po dosažení zadané teploty je aglomerát automaticky přepuštěn do mezizásobníku, který se nachází pod fluidní míchačkou (33).



Obrázek č. 19: Fluidní míchačka
(Zdroj: Vlastní zpracování)

4.6.2 Želatinace KO-Hnětič

V této fázi dochází k automatickému přepouštění aglomerátu z mezizásobníku do násypky KO-hnětiče. V prostorách komory KO-hnětiče dochází působením vysoké teploty a tlaku k želatinaci směsi. Směs, která je zželatinovaná, je přesunuta na dvouválec pásovým dopravníkem (33).



Obrázek č. 20: KO-Hhětič
(Zdroj: Vlastní zpracování)

4.6.3 Válcování ve dvouválci

V další fázi prochází směs dvouválcem a čtyřválcem. Na dvouválci dochází k doželatinování směsi, cílem je udržení zpracovatelské teploty. Z KO-hnětiče se směs přepraví pomocí dopravníku. V prostorách dvouválce se směs prořezává, roluje do svitků a znovu vrací mezi válec. Je potřeba udržovat takové množství směsi, aby byla zajištěna plynulost zásobování čtyřválcem. Přitom je důležité, aby nedocházelo k její degradaci (33).



Obrázek č. 21: Dvouválec kalandr
(Zdroj: Vlastní zpracování)

4.6.4 Válcování ve čtyřválci

Čtyřválec je zásobován seřezaným páskem směsi přes rozsévací dopravník. Tento dopravník rozděljuje první a druhý válec čtyřválce po celé šíři. Vyhřívání válců čtyřválce je zajištěno pomocí výhřevného horkovodního systému. K nastavení teploty dochází na měřicím zařízení jednotlivých válců. Tato teplota se nastavuje na určitou hodnotu. Tato hodnota je nastavena s ohledem na to, aby nedošlo ke změně odstínů barvy nebo k tvoření bublin fólie. Parametr teploty ovlivňuje také lesklý povrch fólie. Teplota se nastavuje podle tloušťky válcované fólie a druhu materiálu. Na základě těchto ukazatelů se také upraví obvodová rychlost stroje (v rozmezí 11,65-75 m/min), přičemž rychlost čtvrtého válce se upraví tak, aby byla o něco větší než u třetího válce. Cílem je to, aby se materiál přichytil na čtvrtý válec. Štěrbina, která se nachází mezi třetím a čtvrtým válcem, se nastaví na tloušťku válcované fólie. Ke zmenšování velikosti štěrby dochází směrem k čtvrtému válci. Tímto se mezi druhým a třetím, třetím a čtvrtým válcem utvoří rolničky z přebytečné směsi. Tyto rolničky vytlačují z válcované fólie vzduchové bubliny (33).



Obrázek č. 22: Čtyřválec z čelního pohledu
(Vlastní zpracování)

4.6.5 Dezénování

Fólie po vyválcování je vedena ze čtvrtého válce přes dvojici snímacích válečku na vodící válec. Poté je fólie připravena procházet dezénovacím zařízením. Rychlost je seřizována tak, aby bylo možné fólii ze čtyřválce plynule odebírat a protažení bylo minimální. Samotné dezénovací zařízení se skládá z ocelového dezénovacího válce se snadnou vyměnitelností, pogumovaného protiválce a stěracího válečku. Podstatnou součástí je také nádoba, kde dochází k ochlazení gumového válce (33).

4.6.6 Temperace, chlazení

Po dezénování je fólie vedena na chladicí zařízení. Toto zařízení je tvořeno pěticí vodou chlazených válců. Pohon válců je synchronizován s pohonem čtyřválce. Je nutné, aby ochlazování na bubnech bylo pozvolné a rovnoměrné. Důvod je ten, aby se vyrobená fólie nacházela v energeticky vyrovnaném stavu (33).



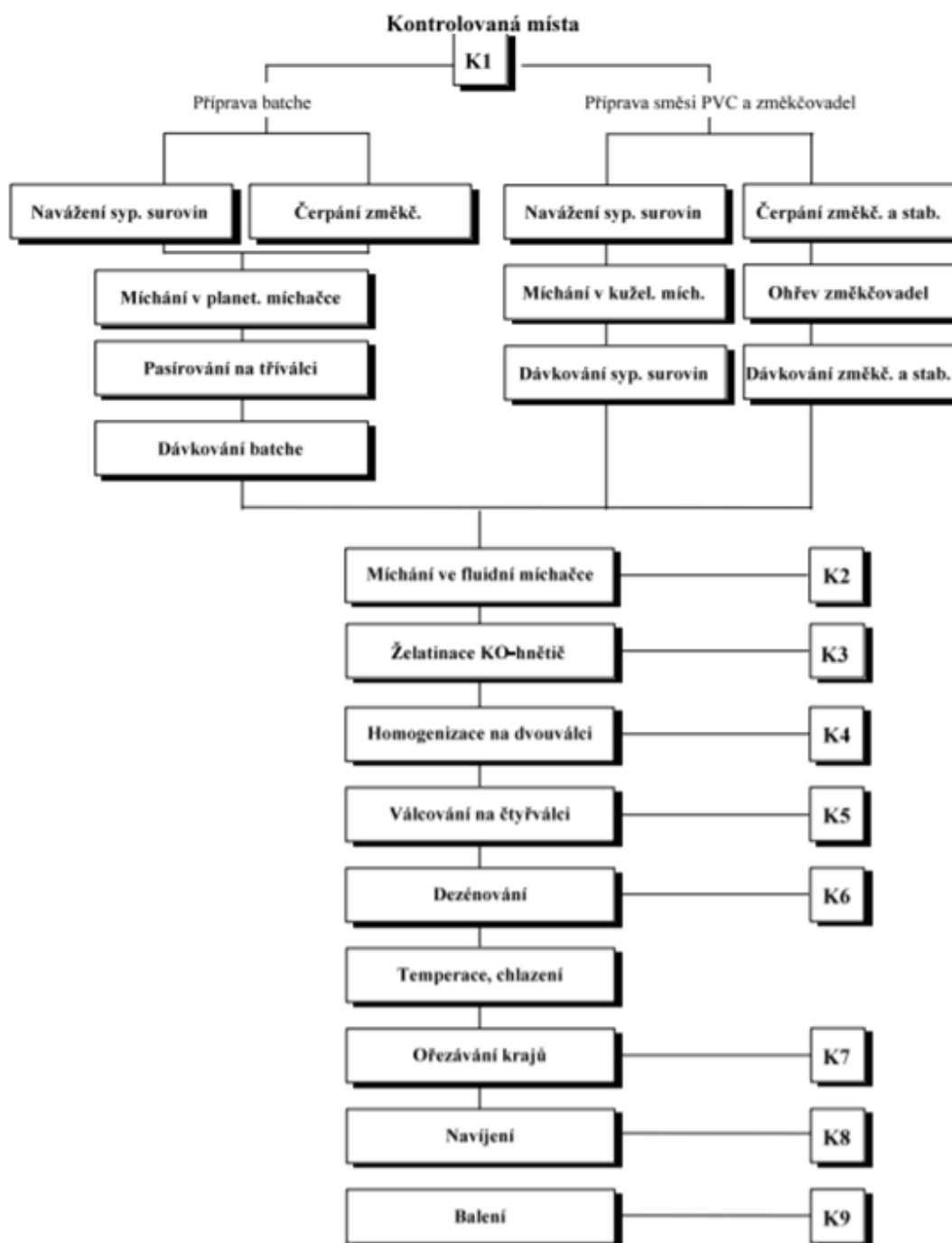
Obrázek č. 23: Chladička
(Zdroj: Vlastní zpracování)

4.6.7 Ořezávání krajů

Po procesu temperování prochází fólie po válečkové dráze. V prostorech dráhy se provádí ořezávání okrajů fólie na konečnou šířku žiletkami. Pro vizuální kontrolu poslouží prosvětlovací zařízení (33).

4.6.8 Navíjení

Jakmile je dokončeno ořezávání, dochází k navíjení do rolí. Navíjení se děje na ocelovém bubnu odvalem nebo na tříosé navíječce. Fólie je navíjena na papírové dutinky nebo kovové trubky a po navinutí potřebné délky dochází k ručnímu ořezu a nahození začátku na novou trubku (33).



Obrázek č. 24: Kontrolovaná místa na lince
(Zdroj: 33)

Tabulka č. 5: Kontrolní operace
(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 33)

	pracovní operace - kontrolovaná veličina	provádí	četnost provedení	kontroluje	zodpoví dá za provede ní
K1	Příprava dostatečného množství surovin	instruktor	Podle potřeby	Vedoucí oddělení	Vedoucí oddělení
	Příprava směsí, dodržení dané receptury	míchač	Při každé přípravě směsi	Technolog, mistr	míchač
	Kontroly teploty změkčovadel	míchač	Podle potřeby	Technolog, mistr	míchač
K2	Želatinace směsi - želimat kontrola nastavení a dávkování směsi PVC a změkčovadel dávkování vrytných mat., kontrola času, teploty a zatížení při želatinaci	obsluha	V průběhu každé dávky	Technolog, mistr	obsluha
K3	Homogenizace směsi - dvouválcový kalandr Dodržení teploty	předák	Podle potřeby, nejméně 2x za hodinu	Technolog, mistr	předák
	Tvrdost podle metodiky zkoušení	TK PVC	Při každé změně položky, při každé úpravě nejméně 1x za 2 hodiny	Technolog, mistr	Technolog, mistr
K4	Kontrola teploty	předák	Podle potřeby, nejméně 2x za hodinu	Technolog, mistr	předák
	Kontrola rychlosti tažení - podle měřicího přístroje	předák	Podle potřeby, nejméně 2x za hodinu	Technolog, mistr	předák

K5	Dezén - srovnávání se vzorníkem	předák	Podle potřeby, nejmeně 2x za hodinu	Technolog, mistr	předák
K6	Barva - srovnávání se vzorníkem	předák	Podle potřeby, nejmeně 2x za hodinu	Technolog, mistr	předák
	Šířka - kovový dvoumetr Tloušťka - dotykový tloušťkoměr	předák	Podle potřeby, nejmeně 2x za hodinu	mistr	předák
K7	Rozměrová stálost - podle metodiky zkoušení	TK PVC	Při každé změně položky, při každé úpravě nejmeně 1x za 2 hodiny	Technolog, mistr	předák
	Šířka - kovový dvoumetr	předák	Podle potřeby, nejmeně 2x za hodinu	Mistr	Předák
K8	Množství na roli Balení Značení	navíječ	Na každé roli	mistr	Předák

4.7 Hlavní funkce a výhody MES ve společnosti

V této části analýzy dojde ke stručnému představení uživatelského rozhraní systému MES. Budou zde popsány i hlavní výhody a funkce, které poskytuje zavedený MES systém ve firmě Fatra, a.s. Napajedla.

Na obrázku níže je zachycen snímek obrazovky uživatelského rozhraní systému MES. Jedná se o informační systém na úrovni řízení výroby, který je založený na sběru dat v reálném čase. Data o výrobě jsou archivována a slouží jak obsluze při výrobě, tak procesním inženýrům a managementu pro potřeby reportování a tvorby statistik. Rozhraní jako takové je rozděleno do tří základních kategorií. Jedná se o kategorie **Výroba, Logistika a Administrace**.



Obrázek č. 25: Uživatelské rozhraní systému MES
(Zdroj: 31)

Jako **hlavní funkce**, které procesním inženýrům a managementu poskytuje toto softwarové řešení lze zařadit:

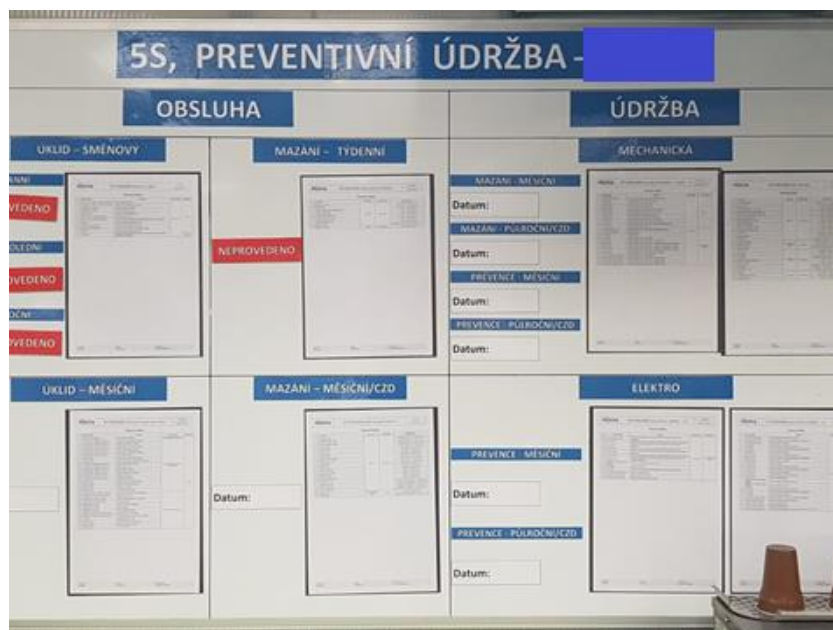
- Kvantifikace množství materiálových vstupů a výstupů,
- řízení údržby,
- řízení kvality,
- operace s čárovými kódy,
- pořizování, sběr, archivace, sdílení a generování dat z výroby a technologie,
- interakce s ERP SAP (docházkový systém, řízení dokumentace),
- reporty založené na hodnocení celkové efektivnosti zařízení a jiných KPI,

Zásadní výhodou zavedení MES systému je hodnocení a analýza výkonnosti linky na základě reálných dat, které poskytují senzory přímo z výrobní linky. S tímto souvisí i fakt, že úsilí, které je potřeba pro pořizování dat, je minimální. Oproti zastaralému způsobu pořizování dat, kdy docházelo k ručnímu měření, vážení a zapisování dat, se jedná o velkou a podstatnou výhodu.

Eliminace papírování a přechod na digitální formu dat je dnes žhavým tématem. Pokud chtějí firmy zůstat konkurenceschopné, digitalizace dat se jeví jako nutnost. Výhodou eliminace dat v papírové formě je i to, že data v elektronické formě jsou mnohem vhodnější k archivaci. Vzhledem k tomu, že digitalizovaná data nepodléhají zkáze, tak jako se tomu děje u dat v papírové formě (přírodní vlivy, charakteristické vlastnosti papíru atd.), můžeme data v elektronické podobě skladovat teoreticky neomezenou dobu, ve stále nezměněné formě. Tyto data pak firma může jednoduše využít i v budoucnu, například při tvorbě analýz, dlouhodobých prognóz apod. Digitalizovaná data mohou být využita i pro vyhodnocování dat o trvání poruch, samostatných oprav, čištění a údržby. Systém dokáže sledovat reakční doby od zahlášení, dobu zásahů a jejich počet. Na základě těchto dat lze tyto procesy **analyzovat, vyhodnocovat a dlouhodobě zlepšovat!**

Další výhodou je možnost on-line vyhodnocování KPI jednotlivých linek. MES systém umí vyhodnocovat tyto data v reálném čase, běžně se pak KPI vyhodnocuje pro každou směnu. Tyto parametry jsou pak dennodenně diskutovány na pravidelných schůzkách Shop Floor Managementu. Na základě těchto schůzek pak dochází k vyhodnocení jednotlivých atributů a přijmutí rozhodnutí, které je poté aplikováno přímo ve výrobě. Proces přijmutí operativních rozhodnutí je ve společnosti Fatra, a.s. velmi pružný, komunikace s nižšími úrovněmi probíhá na nadstandardní úrovni a pravidelné konzultace s mistry a technology jsou prováděny na denní bázi.

Ve společnosti se velmi dobře osvědčilo provádění krátkých schůzí, které jsou uskutečňovány ráno na začátku pracovního dne. Dělníci a mistři se zde pravidelně setkávají, probíhá diskuze o povinnostech, které je potřeba provést daný den. Pracovníci linky zde mohou také debatovat s vedením jejich návrhy a připomínky. Tento přístup je zcela v souladu s metodologií **Kaizen**, která byla zkoumána v teoretické části práce. Kontinuální zlepšování a snaha o zvýšení efektivity je ve společnosti velmi patrná. Každý článek ve výrobním řetězci je podstatný, dělníci a mistři u linky tak mají neodmyslitelnou roli při kontinuálním zlepšování výrobního procesu. Prvky metodik Kaizen a 5S jsou viditelné i v samotné výrobě u válcovací linky. Na obrázku níže je zachycen snímek jedné z tabulí, na které je zaznamenávána údržba, úklid a další úkony. Na pracovišti se vyskytuje také množství displejů, které zobrazují informace o stavu a chodu linky jejím operátorům a vedoucím směny v reálném čase.



Obrázek č. 26: Tabule úklidu a údržby
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Další z výhod je odbourání bariér mezi obchodem a výrobou. Management z obchodního úseku má přístup k datům ze systému, mají tak okamžitý přehled o tom, co, kde a v jakém množství se vyrábí.

Je potřeba zde také zmínit jednu z důležitých funkcí systému, a to možnou přípravu reportů, které lze poté prezentovat managementu. Systém dokáže na základě konkrétních dotazů vyhledat v databázi jakékoliv údaje a přehledně je zpracovat. Takovýto report lze pak také využít pro další práci a analýzu problému.

Reportovacích možností je celá řada, od denního OEE, kvality, výkonnosti, až po výpis prostojů a jiných výrobních výkazů. Všechny tyto ukazatele jdou jednoduše vygenerovat pro prezentaci managementu a jiným účelům. Systém umí generovat do formátů .pdf (Portable Document Format) a .xls (Excel). V návrhové části dojde k detailní práci s těmito reporty.

ZPĚT

AKTUALIZACE

DEFINICE

MANAŽERSKÉ REPORTY

Seznam reportů

GENEROVAT

Generované reporty

ZOBRAZIT

Skupina	Kategorie	Název reportu	ID	Datum	Status	Parametry
MES	OEE	Denní průběh rychlosti				
MES	OEE	Denní OEE pdf				
MES	OEE	Denní OEE xlsx				
MES	OEE	Denní kvalita pdf				
MES	OEE	Denní výkonnost pdf				
MES	OEE	Základní přehled OEE pdf				
MES	OEE	Denní kvalita xlsx				
MES	OEE	Základní přehled OEE graf pdf				
MES	OEE	Základní přehled OEE xlsx				
MES	OEE	Denní výkonnost xlsx				
MES	OEE	Denní průběh rychlosti XLSX				
MES	OEE	Denní OEE material pdf				
MES	OEE	Denní OEE material xlsx				
MES	OEE	XLS export pro OEE				
MES	OEE	XLS export pro OEE xlsx				
MES	Ostatní	Dosledovatelnost				
MES	Ostatní	Dosledovatelnost XLSX				
MES	Prostoje	Přihlášení uživatelů XLSX				
MES	Prostoje	Výpis prostojů pdf				
MES	Prostoje	Denní přehled dostupnosti xlsx				
MES	Prostoje	Přehled proudu				
MES	Prostoje	Odeslané SMS				
MES	Prostoje	Odeslané SMS xlsx				
MES	Prostoje	1. úroveň: Základní přehled prostojů pdf				
MES	Prostoje	2. úroveň: Skupiny neplánovaných prostojů pdf				
MES	Prostoje	3. úroveň: Položky neplánovaných prostojů (poruchy) pdf				
MES	Prostoje	Výpis prostojů xlsx				
MES	Prostoje	Přihlášení uživatelů				
MES	Prostoje	Denní přehled dostupnosti pdf				
MES	Prostoje	Přehled prostojů pdf				
MES	Výkazy	Násepky a receptury pdf				
MES	Výkazy	Výrobní výkaz OEE pdf				

Obrázek č. 27: Manažerské reporty v systému MES
(Zdroj: 31)

4.8 Výsledky analýzy

V analytické části práce došlo ke zmapování výrobního procesu a výrobní linky jako celku. Postupně byly rozebrány čidla, stanoviště kontrol, schématické znázornění linky a jednotlivé výrobní kroky. Analýza byla doplněna o vhodné fotografie, které autor pořídil přímo ve výrobě.

Předmětem analytické části bylo také sledování hlavních přínosů systému MES a digitalizace na lince

Systém MES a propojení s ERP systémem SAP funguje ve společnosti velmi dobře. MES systém jako takový nabízí nespočet ukazatelů a dalších parametrů, které je možné sledovat, analyzovat a vyhodnocovat. Systém neslouží pouze procesním inženýrům a managementu, ale všude tam, kde s ním zaměstnanci přicházejí do styku. Jako příklad takového pracoviště lze uvést třeba sklady, kde zaměstnanci na denní bázi využívají tisk a čtení čárových kódů, které jsou vytvořeny a přiděleny systémem MES. Výhody digitalizace využívají i předáci a operátoři na výrobní lince, kteří mohou sledovat rychlost linky, její stav a další důležité ukazatele na velkoplošných obrazovkách přímo u výrobní linky. Celkově se toto softwarové řešení jeví jako velký krok dopředu. Pokud chtějí firmy v dnešní době zůstat konkurenceschopné, přechod na digitální data, potažmo průmysl 4.0, se zdá jako nezbytnost. Nejen díky tomuto modernímu přístupu si Fatra, a.s. stále drží svou pozici dominantního hráče na trhu s podlahovinou.

Jedním z **hlavních zjištění analýzy** je skutečnost, že rychlosti linky můžou být u jednotlivých směn proměnlivé. Tento problém bude dále rozebrán v návrhové části práce, dojde k vyhodnocení problému a návrhu vhodného řešení za pomoci digitálního výstupu ze systému MES.

Na základě sledování linky a konzultací s procesními inženýry bylo zjištěno, že **může docházet ke hrubým odchylkám u výrobní rychlosti linky**. Děje se tak z toho důvodu, že norma je podhodnocena a každý předák si nastavuje rychlost linky podle vlastního uvážení. Zvyklostí je to, že každý vedoucí směny má svůj poznámkový sešit, do kterého si tyto informace zapisuje. Toto může způsobovat velké odchylky v jednotlivých směnách, může zde také docházet k vlivu na celkovou výkonnost. Pro ověření a analýzu tohoto bude použit firemní systém MES, který umožňuje vygenerování reportů a sledování KPI linky pro všechny směny.

Denní přehled OEE po směnách												
										Zařízení: Válcovací linka		
Linka												
Vedoucí směny:												
SM	Vedoucí	Množství M2	V0	Množství M	Run čas	Ø Rychl.	Výkon	Dostupnost	Kvalita	TO	VM	OEE
1		52,50		209,00		120,57	43,54	83,84	0	396		44,02
2		0,00		23,00		0,00	4,79	100,00	0	0		0,00
3		121,67		479,00		121,92	99,79	100,00	0	0		121,67
		58,06		711,00		117,58	49,38	94,61	0	396		54,93

Obrázek č. 28: Report - denní přehled OEE

(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 31)

Na základě těchto reportů bylo zjištěno, že OEE a jiné KPI linky jsou velmi proměnlivé. Z pravidla se rychlosti liší o 5-10 %, výjimkou nejsou ale ani větší výkyvy. Vzhledem k tomu, že OEE často dosahuje více než 100 bodů, norma je špatně zadána. Tím, že se jedná o jeden z nejdůležitějších ukazatelů, který momentálně nelze správně sledovat, se toto jeví jako velký problém. V návrhové části práce bude rozpracováno, jak sjednotit rychlosti a optimalizovat výrobu za pomoci digitálních výstupů

5 Vlastní návrhy řešení

V této kapitole bude rozebrána problematika rozdílných rychlostí válcovací linky u jednotlivých směn. Jako základna poslouží shrnutí a výsledky předchozí analytické části.

Dále bude využit komplexní report ze systému MES, který byl vygenerován za období **05.01.2018 až 21.01.2019**. Celkem se jedná o **88179 záznamů**, přičemž systém zaznamenává rychlost každých pět minut. Práce se souborem bude probíhat v programu MS Excel.

Nejprve dojde k očištění statistického souboru. To je potřeba udělat proto, protože systém zaznamenává data bez přestávky. Tím pádem je v souboru spousta záznamů, které jsou nulové. Na opačné straně spektra jsou ty záznamy, kde se stala nějaká chyba a systém zaznamenal nereálně vysokou rychlost. Toto se mohlo stát například přeskočením fólie, manuálním zásahem v blízkosti snímače, popřípadě chybou v systému. Jako validní data byla po statistické analýze souboru, konzultací s technologem a průmyslovými inženýry určena data, která jsou v rozmezí **35-75 m/min**.

Takto určené rozmezí validních dat dává dostatečný prostor všem výrobkům, které se na lince za daný rok vyráběly. Ze souboru jsou tímto záměrně vyfiltrovány data, kde došlo ke zpomalení nebo zastavení výroby následkem poruch a jiných technologických událostí. Pro tento výzkum jsou relevantní rychlosti, na kterých linka běžně pracuje.

Cílem této části je navrhnout a ověřit rychlosti linky u jednotlivých výrobků.

Vzhledem k tomu, že firma požaduje zachování důvěrnosti některých údajů, budou veškeré naměřené hodnoty přepočítány koeficientem. Rychlosti budou vypracovány pro 6 výrobků, u kterých bylo v systému nejvíce záznamů a jsou tak pro účely této práce nejvíce relevantní.

5.1 Teoretické omezení rychlosti

Na základě studií technologických norem a konzultacemi s technologem bylo zjištěno, že rychlost je omezena také objemem zpracovaného materiálu, který dokáže vyprodukovat fluidní míchačka. Toto omezení se jeví jako stěžejní pro potvrzení sjednocené rychlosti. Pokud by rychlost zjištěná z výstupů MES byla větší, než kolik zvládne vyprodukovat fluidní míchačka, výsledky by nebyly aplikovatelné v praxi. Tato problematika byla nastíněna i v teoretické části práce, kde došlo ke zpracování podkladů pro teorii omezení.

Kapacita fluidní míchačky je 280 kg směsi každých 7,5 minuty.

V tabulce níže jsou zaznamenány hodnoty, podle kterých dojde v následujících částech k validaci zjištěných rychlostí válcovací linky. Po dosazení zjištěné rychlosti do vzorce dojde k zjištění, zda je rychlost dlouhodobě udržitelná vzhledem ke kapacitě fluidní míchačky. Tyto údaje byly poskytnuty pracovníky oddělení průmyslového inženýrství, lze je také vyčíst z technologických norem.

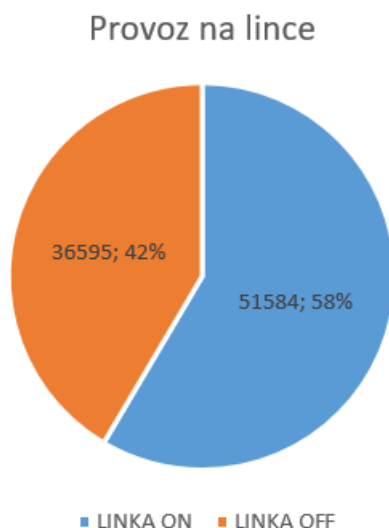
Tabulka č. 6: Údaje o výrobcích
(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 31)

Kód výrobku	Hmotnost na 1 m ² [kg]	Šířka fólie [mm]
110495	0,4096	1000
210649	0,256	1600
110496	0,192	1300
110245	0,128	1100
210402	0,216	1300
210086	0,195	1300

5.2 Základní rozbor statistického souboru

V této části dojde k základnímu rozboru a práci se statistickým souborem. Proběhne zde očištění statistického souboru, výpočet ukazatelů modus, medián a četností. Kapitola bude vhodně doplněna grafy. Jedná se zde zejména o vyhodnocení **ON/OFF** stavu linky. Jak již bylo nastíněno v analytické části práce, ne všechny data v souboru jsou validní pro tento výzkum. Proto je potřeba provést očištění dat o hodnoty, kdy byla prováděna oprava nebo se jednalo o provoz pouze na zlomek výkonu.

Nejprve dojde zjištění **ON/OFF** stavu linky. Pro tento výpočet lze brát v potaz všechny naměřené hodnoty u všech výrobků. Jako stav ON budou brány v potaz všechny hodnoty, které jsou větší než **11,65 m/min**. Tato hodnota se jeví jako minimální hodnota, při které se dá linka považovat v provozu. Toto vychází z technologických norem a charakteristických vlastností výrobní linky. Ověřením může být i to, že v intervalu 1 m/min až 11,65 m/min se nachází pouze minimum záznamů. Linka je při těchto rychlostech vypnutá a pouze dobíhá, nejedná se o provozní rychlost. Dalším z důvodu pro určení této mezní hodnoty je to, že minimální rychlost, při které může operovat **čtyřválec**, je právě 11,65 m/min.



Obrázek č. 29: Provoz na lince
(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 34)

Na základě grafu lze říci, že poměr stavu ON/OFF je 58 % ku 42 %, ve prospěch stavu ON. Počet záznamů ve stavu ON se rovná 51584 naměřených hodnot, ve stavu OFF se jedná o 36595 hodnot.

V následující tabulce jsou vypočteny základní statistické ukazatele – jedná se o průměr, medián, směrodatnou odchylku a maximum. Pro výpočet těchto hodnot byly použity příslušné funkce v MS Excel.

Tabulka č. 7: Základní rozbor statistického souboru
(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 34)

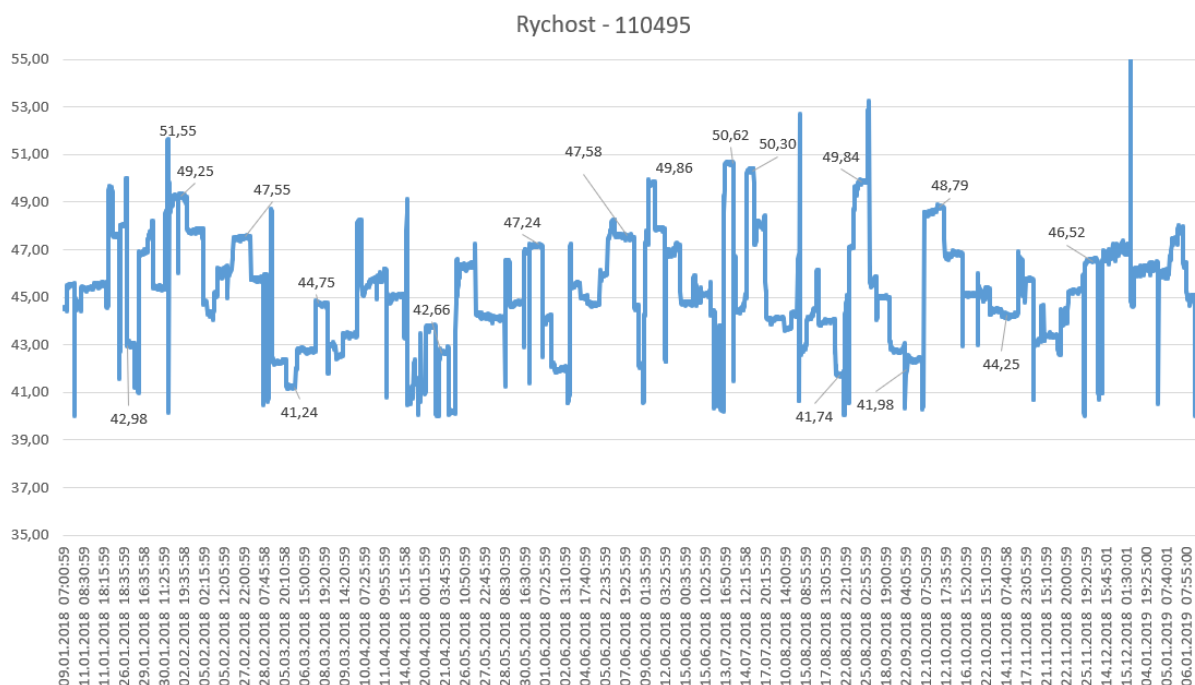
	Průměr	Medián	Směrodatná odchylka	Maximum
Hodnota	42,360	42,292	7,778	77,189
Použitá funkce	PRŮMĚR()	MEDIÁN()	STDEVA()	MAX()

5.3 Návrh změny provozních rychlostí na válcovací lince

V této části dojde k návrhu sjednocených rychlostí. Grafy budou vygenerovány s maximální možnou přesností (6 desetinných míst). Samotné popisky dat uvnitř grafů jsou s ohledem na přehlednost omezeny na dvě desetinná místa. Práce s reporty pro jednotlivé druhy výrobků budou mít následující strukturu:

- Graf vygenerovaný z výstupu ze systému MES,
- počet validních záznamů,
- počet pracovních směn,
- navržení optimální rychlosti,
- minimální naměřená rychlost – období, hodnoty.

5.3.1 Výrobek 110495



Graf č. 1: Rychlost - výrobek 110495
(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 34)

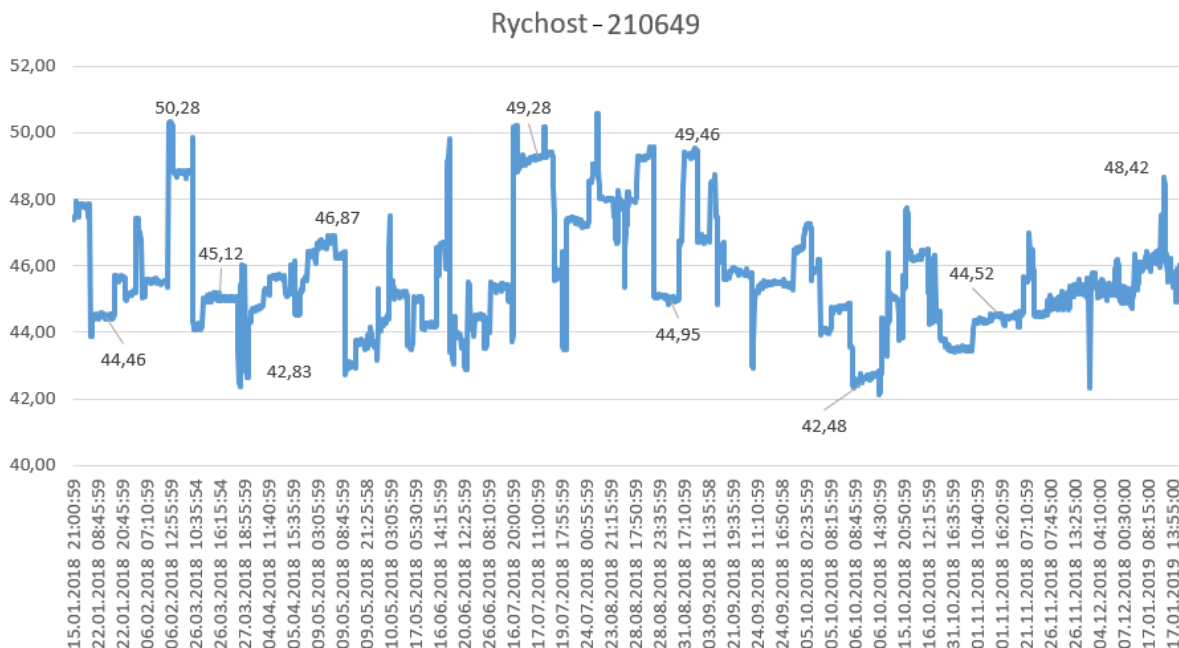
Graf byl vygenerován na základě **6659** záznamů z celkového počtu **75** pracovních dnů.

Jako optimální rychlost se jeví hodnoty ze dne **01.02.2018**. Konkrétně se jedná o období od **20:00:58** do **21:00:59**.

V tomto období dosahovala linka rychlostí v intervalu od **51,181** po **51,672 m/min**. Na základě těchto údajů bylo rozhodnuto, že optimální rychlost pro výrobek č. **110495** by měla být optimalizována na **51,65 m/min**.

Minimální rychlost dosáhla linka v období od **06:25:29** **06.03.2018** do **11:35:59** **06.03.2018**. V tomto období linka jela pouze na rychlosti v intervalu od **41,138** po **42,047 m/min**.

5.3.2 Výrobek 210649



Graf č. 2: Rychlost - výrobek 210649

(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 34)

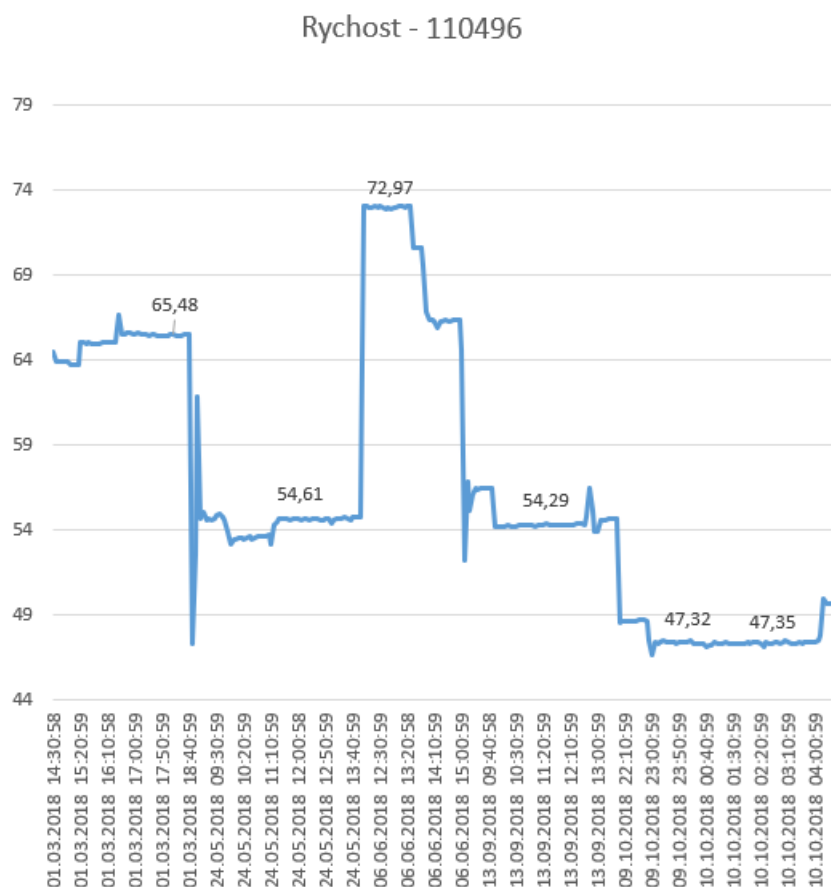
Graf byl vygenerován na základě **3100** záznamů z celkového počtu **40** pracovních dní.

Jako optimální rychlost se jeví hodnoty ze dne **06.02.2018**. Konkrétně se jedná o období od **12:15:58** do **13:20:59**

V tomto období dosahovala linka rychlostí v intervalu od **50,124** po **50,318 m/min**. Na základě těchto údajů bylo rozhodnuto, že optimální rychlost pro výrobek č. **210649** by měla být optimalizována na **50,3 m/min**.

Minimální rychlost dosáhla linka v období od **08:20:59 06.10.2018** do **14:55:59 06.10.2018** V tomto období linka jela pouze na rychlosti v intervalu od **42,132** po **42,833 m/min**.

5.3.3 Výrobek 110496



Graf č. 3: Rychlost – výrobek 110496
(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 34)

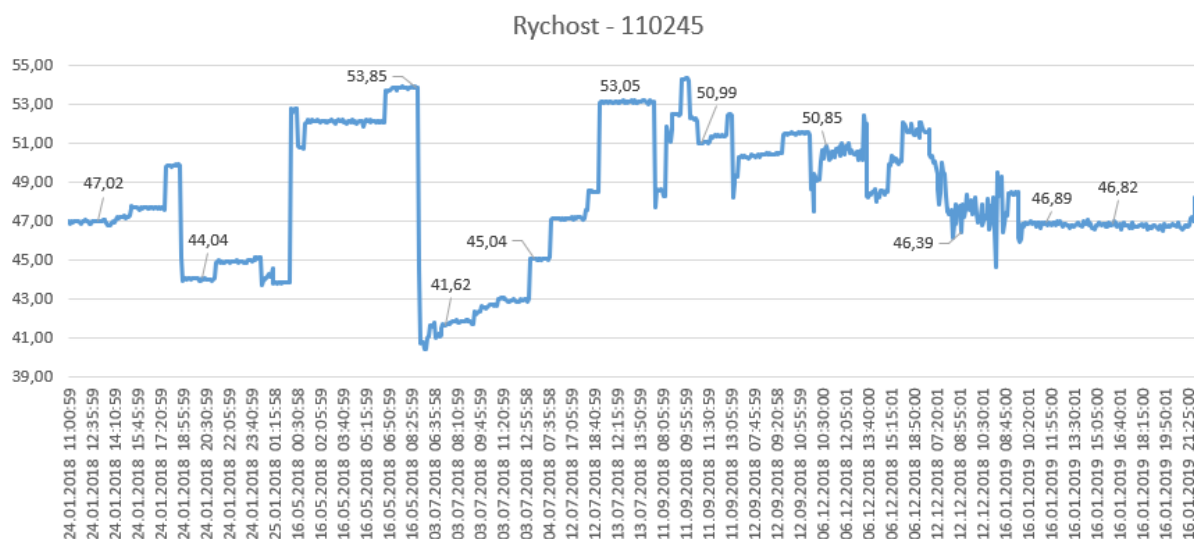
Graf byl vygenerován na základě **289** záznamů z celkového počtu **6** pracovních dní.

Jako optimální rychlost se jeví hodnoty ze dne **06.06.2018**. Konkrétně se jedná o období od **12:00:59** do **13:25:59**.

V tomto období dosahovala linka rychlostí v intervalu od **72,998** po **73,025 m/min**. Na základě těchto údajů bylo rozhodnuto, že optimální rychlost pro výrobek č. **110496** by měla být optimalizována na **73 m/min**.

Minimální rychlost dosáhla linka na noční směně od **20:00:59 09.10.2018** do **04:55:59 10.10.2018**. V tomto období linka jela pouze na rychlosti v intervalu od **47,107** po **49,900 m/min**.

5.3.4 Výrobek 110245



Graf č. 4: Rychlost - výrobek 110245

(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 34)

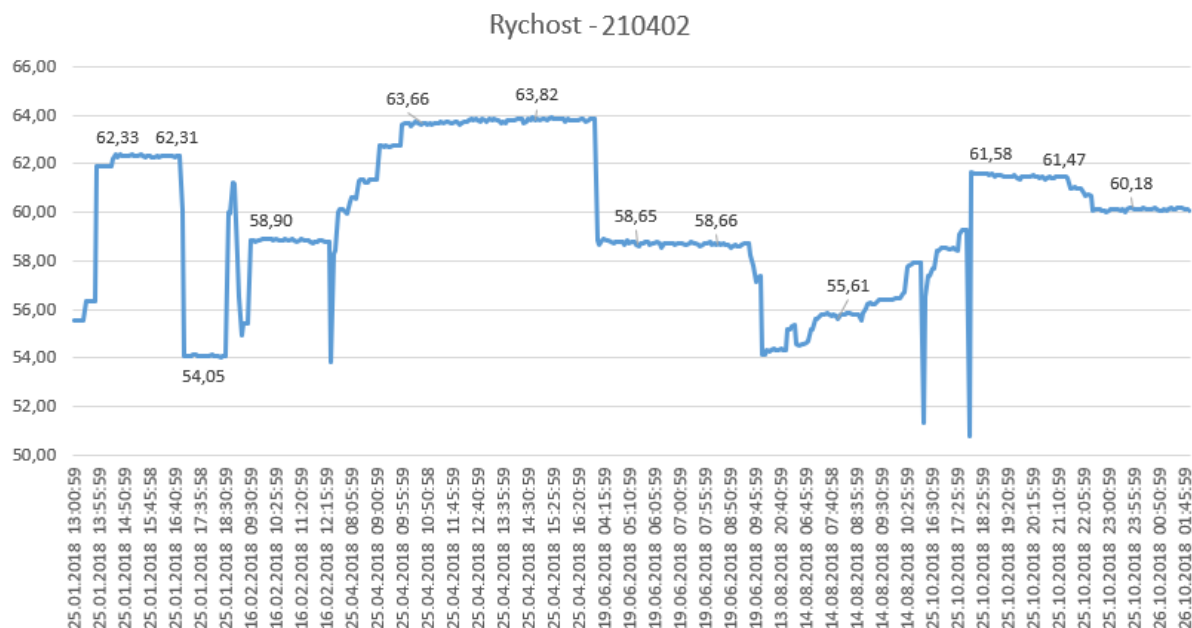
Graf byl vygenerován na základě **761** záznamů z celkového počtu 10 pracovních dní.

Jako optimální rychlost se jeví hodnoty ze dne **16.05.2018**. Konkrétně se jedná o období od **06:35:59** do **08:50:59**.

V tomto období linka dosahovala rychlostí v intervalu od **53,708** po **53,948** m/min. Na základě těchto údajů bylo rozhodnuto, že optimální rychlost pro výrobek č. **110245** by měla být stanovena na **53,90 m/min**.

Minimální rychlost dosáhla linka ve výrobním dni **03.07.2018**. Konkrétně se jednalo o období od **06:15:59** po **13:05:59**. V tomto období linka jela pouze na rychlosti v intervalu od **40,991** po **43,330** m/min

5.3.5 Výrobek 210402



Graf č. 5: Rychlost - výrobek 210402

(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 34)

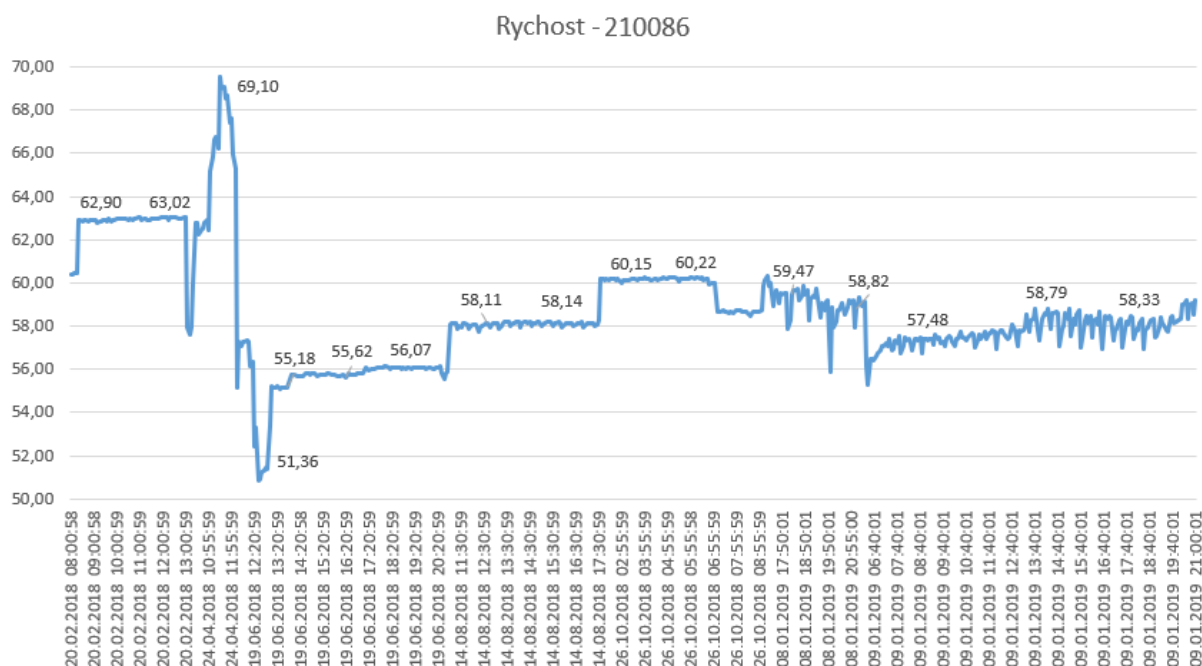
Graf byl vygenerován na základě **487** záznamů z celkového počtu **8** pracovních dní.

Jako optimální rychlost se jeví hodnoty ze dne **25.04.2018**. Konkrétně se jedná o období od **09:55:29** do **16:55:59**

V tomto období dosahovala linka rychlostí v intervalu od **63,564** po **63,904 m/min**. Na základě těchto údajů bylo rozhodnuto, že optimální rychlost pro výrobek č. **210402** by měla být optimalizována na **63,85 m/min**.

Minimální rychlost dosáhla linka v období od **17:00:58 25.01.2018** do **18:30:59 25.01.2018** V tomto období linka jela pouze na rychlosti v intervalu od **54,055** po **54,155 m/min**.

5.3.6 Výrobek 210086



Graf č. 6: Rychlost - výrobek 210086
(Zdroj: Vlastní zpracování dle: 34)

Graf byl vygenerován na základě **589** záznamů z celkového počtu **8** pracovních dní.

Jako optimální rychlost se jeví hodnoty ze dne **20.02.2018**. Konkrétně se jedná o období od **08:20:59** do **13:00:59**

V tomto období dosahovala linka rychlostí v intervalu od **62,792** po **63,037 m/min**. Na základě těchto údajů bylo rozhodnuto, že optimální rychlost pro výrobek č. **210086** by měla být optimalizována na **63 m/min**.

Minimální rychlost dosáhla linka v období od **10:00:59 19.06.2018** do **20:55:59 19.06.2018** V tomto období linka jela pouze na rychlosti v intervalu od **50,816** po **57,275 m/min.**

5.4 Ověření zjištěných rychlostí

Cílem této části je ověřit, zda jsou zjištěné optimální rychlosti platné a dlouhodobě udržitelné. Výpočet bude vycházet z informací, které jsou obsažené v tabulce č. 6 a rychlostí, které byly vypočteny v předcházejících částech 5.3.1 až 5.3.6

Jedná se zde zejména o ověření, jestli bude na určenou výrobní rychlost dostačovat kapacita fluidní míchačky. Jak již bylo nastíněno v části o teoretickém omezení na válcovací lince, **kapacita** fluidní míchačky je **280 kg materiálu každých 7,5 minuty**.

Pro ověření, zda jsou rychlosti dlouhodobě udržitelné, dojde k dosazení zjištěných rychlost do vzorce. Z údajů v tabulce 6 se dosadí do vzorce šířka fólie a hmotnost materiálu, který je potřebný na jeden metr hotového výrobku. Za předpokladu, že výsledek je menší než 280 kg, jedná se dle zadaného omezení o validní a udržitelnou rychlost.

Vzorec pro výpočet materiálu, který je spotřebován za 7,5 minuty, je znázorněn níže.

$$\text{navržená rychlost} [m/min] \cdot \text{hmotnost} [kg/m] \cdot \text{tloušťka fólie} [mm] / 1000 \cdot 7,5$$

Rovnice 1: Vzorec pro ověření spotřeby materiálu
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Výrobek 110495 – 51,65 m/min - 0,4096 kg/m – 1000 mm

$$51,65 \cdot 0,4096 \cdot (1000/1000) \cdot 7,5 = 158,6688 \text{ kg}$$

Výrobek 210649 – 50,3 m/min – 0,256 kg/m – 1600 mm

$$50,3 \cdot 0,256 \cdot (1600/1000) \cdot 7,5 = 154,5216 \text{ kg}$$

Výrobek 110496 – 73 m/min – 0,192 kg/m – 1300 mm

$$73 \cdot 0,192 \cdot (1300/1000) \cdot 7,5 = 136,656 \text{ kg}$$

Výrobek 110245 - 53,9 m/min – 0,128 kg/m – 1100 mm

$$53,9 \cdot 0,128 \cdot (1100/1000) \cdot 7,5 = 56,9184 \text{ kg}$$

Výrobek 210402 – 63,85 m/min – 0,216 kg/m – 1300 mm

$$63,85 \cdot 0,216 \cdot (1300/1000) \cdot 7,5 = 134,4681 \text{ kg}$$

Výrobek 210086 – 63 m/min – 0,195 kg/min – 1300 mm

$$63 \cdot 0,195 \cdot (1300/1000) \cdot 7,5 = 119,77875 \text{ kg}$$

Na základě těchto výpočtů bylo zjištěno, že všechny navržené rychlosti jsou validní. Omezení na fluidní míchače se jeví jako potenciální úzké místo, svou roli zde ale hrají i jiné faktory. Jedná se zejména o faktory, které jsou typické pro technologický proces zpracování plastů. Velkou roli při práci s plastem hraje teplota prostředí. V létě může docházet k nadměrnému zahřívání, které může mít vliv na efektivitu procesu chlazení. V zimě může naopak docházet k teplotním šokům, které způsobuje nadměrné ochlazení materiálu. Celý proces je tedy velmi citlivý na výkyvy teplot. Při zavádění těchto opatření je potřeba brát do úvahy také balení a celkovou kvalitu konečného výrobku. Limitující faktor je také čtyřválec, jehož maximální rychlost je 75 m/min.

V rámci procesu zavádění by mělo dojít k důkladnému odzkoušení v testovacím režimu. V průběhu této fáze by mělo docházet k častějším kontrolám kvality hotových výrobků, zvýšené frekvenci vyhodnocování KPI a sbírání zpětné vazby od obsluhy linky. Tyto informace by měly být pravidelně vyhodnocovány na schůzkách Shop Floor Managementu. Na základě těchto údajů je poté vhodné operativně přistoupit na další kroky. Cílem praktické části bylo sjednocení rychlostí na válcovací lince. Bylo to potřeba zejména proto, protože každý z předáků si nastavoval rychlosti podle vlastního uvážení. Praktická část také potvrdila zjištění z analytické části. Rychlosti byly skutečně velmi proměnlivé a nějaká forma zlepšení se jeví jako potřebná.

5.5 Shrnutí praktické části

Cílem praktické části práce bylo optimalizovat výrobu na válcovací lince za pomoci digitálního výstupu ze systému MES.

Na začátku kapitoly byl navržen postup a kritéria, podle kterých byl následně vypracován návrh na sjednocení rychlostí u jednotlivých výrobků na válcovací lince.

Nejprve došlo k očištění statistického souboru. Výstup bylo nutné upravit zejména proto, protože systém zaznamenává rychlosti na výrobní lince bez přestávky. Na základě těchto údajů pak došlo k vyhodnocení ON/OFF stavu linky.

Dalšími ze základních zkoumaných údajů byl průměr, medián, statistická odchylka a maximum.

V návrhové části kapitoly poté došlo k vygenerování grafů pro jednotlivé výrobky. Na základě reportu byl vyhodnocen počet záznamů, počet pracovních dní v provozu, nejvyšší rychlosti a dalších ukazatelů. Na základě těchto údajů byla poté navržena optimální rychlost.

Vzhledem k zjištěnému omezení, které se vyskytuje na fluidní míchačce, muselo dojít také k ověření výsledků. Následné výpočty ukázaly, že žádná z navržených rychlostí není v kolizi s kapacitou fluidní míchačky. Tímto zjištěním je možné dojít k závěru, že fluidní míchačka je sice jedním z omezujících faktorů, nejedná se však o ten úplně klíčový. Jako větší omezení se jeví čtyřválec, jehož maximální rychlost je 75 m/min. I přesto bylo ale důležité ověřit, zda kapacita fluidní míchačky bude stačit. Kritérium, které bylo definováno na začátku, bylo splněno. Vzhledem k tomu, že toto kritérium bylo formulováno v úvodu praktické části, nebylo předem známo, zda budou dané rychlosti udržitelné s přihlédnutím ke kapacitě fluidní míchačky.

Při samotné práci na sjednocování rychlostí se potvrdilo, že výstupy z analytické části práce byly správné. Výkyvy byly často velmi markantní, někdy se jednalo až o několik desítek procent. Vzhledem k objemu výroby se toto jeví jako velký problém. Odchyly pouze v řádech jednotek procent mohou znamenat velké ztráty na celkové produktivitě a zisku.

6 Podmínky realizace a přínosy

Tato kapitola se zaměří na podmínky realizace a přínosy, které s sebou přináší navržený prvek štihlé výroby.

6.1 Podmínky realizace

6.1.1 Standardizace

Jednou z hlavních podmínek realizace je úprava současných norem a standardizace. Z výstupů analýzy a návrhové části vychází to, že norma je podhodnocena. Vzhledem k tomu, že vedoucí směn nastavují rychlosti válcovací linky podle svých poznámek, přičemž jsou stále schopní vykazovat uspokojující hodnoty OEE, musí dojít k úpravě norem. Tato úprava norem se jeví jako klíčový krok pro implementaci navrženého prvku štihlé výroby. Mimo samotnou úpravu norem by mělo dojít také k úpravě kalkulací a technologických předpisů.

6.1.2 Zaškolení obsluhy

Další důležitou náležitostí při zavádění navrhovaného opatření je zaškolení obsluhy. Jedná se zejména o vedoucí směn a technology. Obsluha linky by měla být seznámena s tím, k jakým závěrům došel výzkum a jaká opatření je potřeba přijmout. Je velmi důležité, aby každý zaměstnanec rozuměl tomu, proč je daná optimalizace podstatná. Zavádění jako takové může způsobit určitý diskomfort a nepohodu, zejména pro vedoucí směn, kteří jsou zvyklí si rychlost určovat sami dlouhá léta. Je samozřejmě možné, že zaměstnanci budou mít vlastní argumenty, proč nejde dodržet daná rychlost a proč má nastavenou rychlost jinak než kolega z jiné směny. Faktem zůstává to, že výkyvy v rychlostech jsou moc velké na to, aby mohly být odůvodněny rozdílnou povahou směn a jinými faktory, které nejsou technologického rázu. Jedním z motivů pro zpomalení linky může být například to, že čím rychleji linka jede, tím více práce má její obsluha. Určité pracovní postupy jsou ovlivněny tím, jak rychle dochází k navíjení na roli ve finální části linky. Tím pádem zpomalení vede k menšímu vytížení obsluhy linky a větším prostojům.

6.2 Přínosy

Jedním z hlavních přínosů navrhovaného zeštíhlení výroby je to, že dojde k zefektivnění výroby a zvýšení produktivity výrobní linky. O důležitý krok se jedná také ve vztahu k OEE a jiným KPI. Sjednocení rychlostí a standardizace zajistí lepší sledování těchto ukazatelů, které budou více relevantní a bude podle nich možné sledovat výrobu efektivněji. Sjednocené rychlosti a úprava norem přinese také větší konzistenci a možnost předvídat situaci na válcovací lince.

Jako přínos se jeví také samotný fakt, že pro toto zlepšení byl využit firemní systém MES. Toto může být velmi pozitivní signál pro vrcholný management firmy, který dostane signál, že systém ve firmě je potřebný, dokáže ušetřit finanční prostředky a vyplatí se investovat další finanční prostředky do jeho inovací a kontinuálního zlepšování. Bez tohoto systému by byla jakákoliv kvantifikace zkoumané problematiky velmi komplikovaná. Skutečnost je taková, že výstupy ze systému MES jsou velmi silným podkladem, které mají pro management a procesní inženýry velký význam.

Závěr

Cílem této práce bylo za pomoci výstupů z firemního systému MES analyzovat výrobní proces na válcovací lince a navrhnout optimalizaci. Dílčím cílem práce byla analýza výhod a funkcí zavedeného systémového řešení v kontextu digitalizace dat. Zmapováním a detailní studií problematiky byla zhodnocena současná situace ve výrobním podniku a popsány současné nedostatky. V praktické části práce došlo k vypracování návrhu, který povede k zeštíhlení výroby. Implementace navrženého řešení přispěje ke zvýšení efektivity výroby na válcovací lince, zvýšení produktivity práce a zdokonalení sledování KPI.

Implementace změn není jednoduchý postup. Na procesu změny se musí podílet zaměstnanci napříč celou hierarchií podniku. Vyšší informovanost a pochopení podstaty změn je potřebná mezi pracovníky ve středním managementu, vedoucími jednotlivých oddělení, ale i běžnými pracovníky u výrobní linky. Podíl na procesu změny musí nést všichni zaměstnanci, kteří si tak lépe uvědomují svou klíčovou roli ve výrobním procesu. S tímto úzce souvisí metodologie Kaizen, která říká, že zlepšování je proces, který nikdy nekončí a je nutné, aby do něj svým dílem přispívali všichni zaměstnanci v podniku. Podniky by se podle této metodologie neměly soustředit na zisk, nýbrž na kvalitu, protože pokud se postaráte o kvalitu, zisk se dostaví.

Velkou měrou se na zeštíhlování výroby v dnešní době podílí digitalizace dat a přeměna podniků v kontextu průmyslu 4.0. Přechod na digitální data se tak jeví jako nutnost. Pokud chce podnik zůstat konkurenceschopný a nadále se posouvat vstříc novým trendům, implementace softwarových řešení typu MES/WMS je velmi potřebná a aktuální. Práce s výstupy ze systému MES nabídne nespočet ukazatelů a možností, podle kterých lze zeštíhlovat výrobu a optimalizovat výrobní proces.

Vývoj je nikdy nekončící cesta. Zlepšování procesů a věcí kolem nás se jeví jako vlastnost, která je v člověku zakódovaná už od samotného vzniku lidstva. Nutkání člověka neustále zlepšovat věci kolem něj je jednou z hlavních příčin neustálého vývoje a změn ve společnosti. Prostředí kolem nás se stále mění a je velmi dynamické, velký vliv na tom má digitalizace a obrovský rozmach technologií, se kterými se setkáváme každý den.

Nacházíme se na prahu technologické singularity. Už dnes jsme svědky toho, že výkon zařízení kolem nás narůstá exponenciálním tempem a množství dat, které produkujeme, se rok od roku zvětšuje. Přeměna na průmysl, kde stroje a roboti budou hrát roli nejen ve výrobě, ale také v inovaci a zavádění nových technologií, se zdá jako logický vývoj událostí, který už nepůjde zvrátit. Otázkou není to, zda stroje dokáží překonat inteligenci člověka, ale kdy se to stane.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

MES	Manufacturing Execution Systém
ERP	Enterprise Resource Planning
WMS	Warehouse Management System
KPI	Key Performance Indicator
TPV	Technická příprava výroby
PVC	Polyvinylchlorid
OEE	Overall Equipment Effectiveness
TPS	Toyota Production System

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1) JIRÁSEK, Jaroslav. Štíhlá výroba. Vyd. 1. Praha: Grada, 1998, 199 s . ISBN 80-716-9394-4.
- 2) DLABAČ, Jaroslav. Štíhlá výroba - používané metody a nástroje [online]. 29. 10. 2015 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>
- 3) VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA. Podnikové řízení. Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4642-5.
- 4) Štíhlá výroba - Lean Production. QMprofi [online]. 30.3.2015 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: https://www.qmprofi.cz/33/stihla-vyroba-lean-production-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox_Z_twCziJSTAF9s-4764yV7U/www.synext.cz
- 5) LIKER, Jeffrey K. Jak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. Management Press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.
- 6) VOCHOZKA, Marek a Petr MULAČ. Podniková ekonomika. Grada Publishing, 2012. ISBN 9788024743721.
- 7) TPS the history of the Toyota Production System [online]. In: . [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.shmula.com/tps-the-history-of-the-toyota-production-system/23618>
- 8) Muda. In:Agentura Poznání[online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.agenturapoznani.cz/userFiles/muda.pdf>
- 9) Toyota Production System. In: Lean Enterprise Institute [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.lean.org/lexicon/toyota-production-system>
- 10) JUROVÁ, Marie a kol. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 9788024757179.
- 11) CARNERUD, Daniel, Carmen JACA a Ingela BÄCKSTRÖM. Kaizen and continuous improvement – trends and patterns over 30 years. The TQM Journal [online]. 2018 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/TQM-03-2018-0037>

12) KOŠTURIAK, Ján, Josef KRIŠŤAK, Ľudovít BOLEDOVIČ a Miroslav MAREK. Kaizen - osvědčená praxe českých a slovenských podniků. Albatros Media, 2017. ISBN 9788026501008.

13) Understanding the Japanese Word Kaizen. In: Japanese Academy [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://cotoacademy.com/kaizen/>

14) KOŠTURIAK, Ján a Zbyněk FROLÍK. Štíhlý a inovativní podnik. Alfa publ., 2006. ISBN 80-86851-38-9.

15) OEE - Celková efektivnost zařízení. In: Management Mania [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/oe-overall-equipment-effectiveness-celkova-efektivnost-zarizeni>

16) CEZ - OEE. In: Management Mania [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/CEZ-OEE.htm>

17) PATOČKA, Miroslav. OEE a odvozené ukazatele. In: MES Centrum [online]. 2013 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://mescentrum.cz/clanky/mes-mom/133-oe>

18) O Teorii omezení. In: Goldratt CZ [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://www.goldratt.cz/teorie-omezeni/o-teorii-omezeni>

19) TVRDOŇ, Leo a Jaroslav BAZALA. Teorie omezení. In: Logistika v praxi [online]. 2018 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: https://www.dlprofi.cz/log/onb/33/teorie-omezeni-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EkKpRnC__SJUlchZwg1SjLw/?uri_view_type=4

20) Theory of Constraints. In: Lean production [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.leanproduction.com/theory-of-constraints.html>

21) BILÍK, Peter. Digitalizace dat a jejich efektivní využití. In: System Online[online]. 2018 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/digitalizace-dat-a-jejich-vyuziti-v-inteligentni-vyrobe-a-logistice.htm>

22)DIGITALIZACE LOGISTIKY A INTELIGENTNÍ ŘÍZENÍ DODAVATELSKÉHO ŘETĚZCE. In: EMANS - Smart Industry Solution [online]. 2018 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.anasoft.com/emans/cz/home/Novinky-blog/Blog/Digitalizace-logistiky>

23) MCCLELLAN, Michael. Applying Manufacturing Execution Systems. Bosa Roca, United States: Taylor & Francis, 1997. ISBN 9781574441352.

24)Manufacturing Execution Systems. Wikipedia - The Free Encyclopedia [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Manufacturing_execution_system

25) ŠTRUBLÍKOVÁ, Ivana. MES Systémy ve strojírenství - část 1. In: MES Centrum [online]. 2013 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/o-projektu/co-mes/131-mes-systemy-ve-strojirenstvi-cast-1>

26) ŠTRUBLÍKOVÁ, Ivana. MES Systémy ve strojírenství - část 2. In: MES Centrum [online]. 2014 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/o-projektu/co-mes/139-mes-systemy-ve-strojirenstvi-cast-2>

27) ŠTRUBLÍKOVÁ, Ivana. MES Systémy ve strojírenství - část 3. In: MES Centrum [online]. 2014 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/o-projektu/co-mes/152-mes-systemy-ve-strojirenstvi-cast-3>

28) Co je MES. In: MES Centrum [online]. 2019 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/o-projektu/co-mes/72-co-je-mes>

- 29) MESA INTERNATIONAL - WHITE PAPER: MES Explained: A High Level Vision. In: Alvarestech [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://alvarestech.com/temp/smar/www.delt.ufmg.br/seixas/PaginaII/Download/DownloadFiles/pap6.pdf>
- 30) Fatra - Profil společnosti. Fatra, a.s. [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.fatra.cz/o-nas/profil-spolecnosti/>
- 31) Informace poskytl David MATUŠINEC, procesní inženýr ve firmě Fatra, a.s. Napajedla 3.4.2019.
- 32) WICHEREK, Jaroslav a Karla DOKOULILOVÁ. 80 let Fatra. Brno. 2015. Nepublikováno.
- 33) Interní dokument: Výrobní technologie. Fatra, a.s. Napajedla, 2018. Nepublikováno.
- 34) MES Report. Fatra, a.s. Napajedla, 2018-2019. Nepublikováno.
- 35) Interní dokument: Organizační řád. Fatra, a.s. Napajedla, 2019. Nepublikováno
- 36) Interní dokument: Výrobní portfolio. Fatra, a.s. Napajedla, 2019. Nepublikováno

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Výrobní závod v panoramatu města Napajedla.....	14
Obrázek č. 2: Logo společnosti Fatra, a.s.	15
Obrázek č. 3: Obchodní úsek.....	17
Obrázek č. 4: Výrobní úsek	17
Obrázek č. 5: Personální úsek	18
Obrázek č. 6: Technický úsek.....	19
Obrázek č. 7: Úsek logistiky.....	19
Obrázek č. 8: Toyota Production System House	23
Obrázek č. 9 Japonské znaky KAI a ZEN.....	26
Obrázek č. 10: OEE - Časová osa.....	28
Obrázek č. 11: Schéma MES	32
Obrázek č. 12 Moduly MES.....	36
Obrázek č. 13: Podniková pyramida.....	37
Obrázek č. 14: Schéma výrobní linky	40
Obrázek č. 15: Regál s hotovými výrobky	41
Obrázek č. 16: Kuželová míchačka	42
Obrázek č. 17: Zásobník kapalných surovin.....	43
Obrázek č. 18: Váha	46
Obrázek č. 19: Fludní míchačka.....	47
Obrázek č. 20: KO-Hhětič.....	48
Obrázek č. 21: Dvouválec kalandr	49
Obrázek č. 22: Čtyřválec z čelního pohledu	50
Obrázek č. 23: Chladička	51
Obrázek č. 24: Kontrolovaná místa na lince	52
Obrázek č. 25: Uživatelské rozhraní systému MES.....	55
Obrázek č. 26: Tabule úklidu a údržby	57
Obrázek č. 27: Manažerské reporty v systému MES	58
Obrázek č. 28: Report - denní přehled OEE	59
Obrázek č. 29: Provoz na lince	62

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Výrobní sortiment	15
Tabulka č. 2: 7+1 druhů plýtvání.....	21
Tabulka č. 3: Rozmístění čidel a vah.....	39
Tabulka č. 4: Čidla a váhy na válcovací lince	40
Tabulka č. 5: Kontrolní operace.....	53
Tabulka č. 6: Údaje o výrobcích.....	61
Tabulka č. 7: Základní rozbor statistického souboru	63

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Rychlost - výrobek 110495.....	64
Graf č. 2: Rychlost - výrobek 210649.....	65
Graf č. 3: Rychlost – výrobek 110496.....	66
Graf č. 4: Rychlost - výrobek 110245.....	67
Graf č. 5: Rychlost - výrobek 210402.....	68
Graf č. 6: Rychlost - výrobek 210086.....	69

SEZNAM ROVNIC

Rovnice 1: Vzorec pro ověření spotřeby materiálu	70
---	-----------